

AIRES FERREIRA DE CASTRO FILHO

MARTHA RIBEIRO SIMAS

RENATA PRADO ZAMBONI

**ANÁLISE DO USO DO ENXOFRE NO CAPEAMENTO DE CORPOS DE  
PROVA CILÍNDRICOS**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

EPMI  
ESP/EST-2007  
C279a

SÃO PAULO

2007

AIRES FERREIRA DE CASTRO FILHO

MARTHA RIBEIRO SIMAS

RENATA PRADO ZAMBONI

**ANÁLISE DO USO DO ENXOFRE NO CAPEAMENTO DE CORPOS DE  
PROVA CILÍNDRICOS**

*LICENCIANDA*

*orientador: Prof. Dr. José Góes*

*arbeitstitel: Análise do uso do enxofre no capamento de corpos de prova cilíndricos*

*Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.*

**SÃO PAULO**

**2007**

*“Às nossas respectivas famílias e amigos  
pelo amor e incentivo que nos deram”*

## **RESUMO**

A argamassa de enxofre fundida vem sendo utilizada para capear corpos de prova em ensaios de resistência à compressão e módulo de deformação na indústria da construção civil. O capeamento é o acabamento superficial feito nos corpos de prova cilíndricos de argamassa e/ou concreto para tornar suas superfícies planas, lisas e perpendiculares ao eixo central da peça. Neste procedimento, o enxofre libera gás sulfídrico e há o risco de geração de dióxido de enxofre e ácido sulfúrico entre outros agentes tóxicos. Por meio do estudo de caso com análise qualitativa são apresentadas medidas de controle de engenharia de segurança para a prevenção da exposição aos riscos e a proteção da saúde e da vida dos trabalhadores.

## **ABSTRACT**

The founded sulphur mortar has been used to cover test bodies in resistance to compression and deformation module tests in the civil construction industry. The covering is the superficial finish done on mortar cylindrical and/or concrete test bodies to make their surfaces plane, smooth and perpendicular to the central piece axis. In this procedure, sulphur releases hydrogen sulphide, and there is the risk of generating sulphur dioxide and sulphuric acid, among other toxic agents. Through a case study with quantitative analysis, engineer safety control measures are shown to prevent risk exposition and to protect the workers' health and lives.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização .....	1
1.2 A indústria da construção no Brasil .....	1
1.3 Objetivo .....	3
1.4 Justificativa.....	3
1.5 Metodologia.....	3
2 TOXICOLOGIA .....	5
3 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE AGENTES DE EXPOSIÇÃO.....	7
3.1 Análise quantitativa.....	7
3.1.1 Equipamentos eletrônicos na avaliação ambiental – Certificação Internacional e Precisão.....	8
3.2 Análise qualitativa.....	9
3.2.1 Técnicas preliminares de identificação de perigos.....	10
4 RISCOS AMBIENTAIS .....	11
4.1 Controle de riscos ambientais.....	11
4.2 Conceitos.....	12
5 MEDIDAS GERAIS DE CONTROLE DE AGENTES AMBIENTAIS .....	13
5.1 Medidas relativas ao ambiente .....	13
5.1.1 Adequação do projeto, montagem e equipamentos.....	13
5.1.2 Substituição de produto por outro menos tóxico ou menos nocivo ou inócuo .....	14
5.1.3 Mudança de processo ou operação .....	14
5.1.4 Encerramento ou enclausuramento da operação .....	14
5.1.5 Ventilação geral diluidora .....	15
5.1.6 Ventilação local exaustora.....	15
5.1.7 Manutenção .....	16
5.1.8 Ordem e Limpeza .....	16
5.2 Medidas relativas ao pessoal .....	16
5.2.1 Equipamento de proteção individual.....	16
5.2.1.1 Equipamentos de proteção respiratória .....	17

5.2.2 Educação e treinamento.....	18
5.2.3 Limitação da exposição .....	19
6 ENXOFRE.....	20
6.1 Ocorrência .....	20
6.2 Propriedades .....	23
6.3 Aplicações e produtos finais.....	25
6.4 Toxicidade do enxofre.....	25
6.4.1 Contaminantes.....	26
6.5 Conceitos.....	28
7 LEGISLAÇÃO .....	30
8 ENSAIO DE RESISTÊNCIA .....	31
8.1 Conceitos.....	35
9 ESTUDO DE CASO .....	36
9.1 Descrição do local .....	36
9.2 Operação do capeamento.....	36
9.3 Análise da observação do capeamento .....	39
10 DISCUSSÃO.....	41
10.1 Equipamentos de Proteção Coletiva.....	42
10.2 Equipamentos de Proteção Individual.....	45
10.2.1 Equipamentos para proteção respiratória .....	45
10.2.2 Óculos de proteção .....	47
10.2.3 Luvas de trabalho .....	48
10.2.4 Vestimentas de Segurança.....	49
10.2.5 Considerações.....	50
10.3 Equipamentos de Proteção Coletiva para situações de emergência .....	51
11 CONCLUSÃO.....	53
ANEXO I – Normas Regulamentadoras .....	55
ANEXO II – Limites de Exposição.....	62
ANEXO III – Filtros e respiradores .....	64
12 LISTA DE REFERÊNCIAS .....	65

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fases da Intoxicação.....	5
Figura 2 – Medidores de gás.....	9
Figura 3 – <i>Glove box PV Prest Vácuo e Nexus glove box VAC</i> .....	15
Figura 4 – máscaras e filtros .....	18
Figura 5 – Minerais.....	22
Figura 6 – Ciclos químicos dos contaminantes do enxofre .....	27
Figura 7 – Rompimento dos corpos de prova .....	33
Figura 8 – Prensa hidráulica manual com manômetro.....	33
Figura 9 – Prensa eletro-hidráulica com manômetro.....	34
Figura 10 – Forma cilíndrica para moldagem de corpos de prova .....	34
Figura 11 – Gabarito capeador.....	34
Figura 12 – Container com laboratório para testes dos corpos de prova.....	36
Figura 13 – Vista interna onde se realiza o capeamento.....	36
Figura 14 – Mistura de enxofre com cimento na proporção de 3:1 .....	37
Figura 15 – Mistura de enxofre com cimento na proporção de 3:1 .....	37
Figura 16 – Leva-se a panela com a mistura ao fogo por aproximadamente 15 minutos.....	37
Figura 17 – A fôrma onde será feito o capeamento é besuntada de óleo.....	38
Figura 18 – Leva-se uma concha com a mistura de enxofre e cimento aquecida para moldar o corpo de prova no capeamento .....	38
Figura 19 – Coloca-se o corpo de prova na fôrma com a mistura do capeamento....	38
Figura 20 – Após o arrefecimento da mistura está pronto o capeamento dos corpos de prova para serem encaminhados à prensa para análise da resistência .....	39
Figuras 21 e 22 – Deposição indevida dos corpos de prova com enxofre.....	39
Figuras 23, 24 e 25 – Acidente com queimadura gerando afastamento de 10 dias do funcionário .....	40
Figura 26 – Discos de neoprene com e sem reforço metálico .....	41
Figura 27 – Retífica vertical .....	42
Figura 28 – Ventiladores e exaustores .....	43
Figura 29 – Modelos de coifas.....	44

Figura 30 – Modelos de capelas.....	44
Figura 31 – máscaras e filtros .....	45
Figura 32 – Máscara semi-facial e facial .....	46
Figura 33 – óculos de proteção .....	47
Figura 34 – Tipos de luvas e recomendações .....	49
Figura 35 – Luvas de PVC.....	49
Figura 36 – Chuveiros e Lava-Olhos de Emergência .....	51
Figura 37 – Chuveiros e Lava Olhos de Emergência .....	52
Figura 38 – Lava Olhos de Emergência.....	52

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela I – Acidentes de trabalho no Brasil.....	2
Tabela II – FD em função do LTma .....	8
Tabela III – Exemplo de planilha para APP .....	10
Tabela IV – MCU .....	18
Tabela V – Propriedades do enxofre.....	24
Tabela VI – Produtos incompatíveis.....	28
Tabela VII – Efeitos da asfixia bioquímica pelo gás sulfídrico.....	46
Tabela VIII – Vestimenta de Segurança .....	50
Tabela IX – Classificação das roupas de proteção Tyvek® .....	50
Tabela X – Precauções Coletivas.....	53
Tabela XI – Precauções Individuais .....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	<i>American National Standard Institution</i>
APP	Análise Preliminar de Perigos
BSI	<i>British Standard Institution</i>
ABS	<i>Acrylonitrile butadiene styrene</i> (plástico de copolímero de acrilonitrila, butadieno e estireno)
ACGIH®	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i> (Associação dos Higienistas Industriais do Governo Norte-americano)
CA	Certificado de Aprovação
CB	Comitê Brasileiro (ABNT)
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
CNTP	Condições Normais de Temperatura e Pressão (25°C e 760 mmHg)
DES	Divisão de Equipamentos de Segurança
DM	Filtro respiratório <i>dust mist</i>
DRT	Delegacia Regional do Trabalho
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FBC	Filtro químico para vapor orgânico
FD	Fator de desvio
FISPQ	Fichas de Informação de Segurança de Produto Químico
FP	Fator de Proteção
Fundacentro	Fundação Jorge Duprat de Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
HEPA	<i>High Efficiency Particulate Air</i> (Filtragem de Ar de Alta Eficiência)
IEC	<i>International Electrical Commission</i>
IPVS	Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde (concentração em volume de oxigênio inferior a 18% [NR-6 e NR-15])

LE	Limite de Exposição
LT	Limite de Tolerância
LTma	Limite de Tolerância Média Aritmética
MA	Massa Atômica
MCU	Máxima concentração de uso
MPAS	Ministério da Previdência e Assistência Social
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
NR	Norma Regulamentadora
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
P	Filtro mecânico
PCMAT	Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção
PCMSO	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
PE	Ponto de Ebulação
PIB	Produto Interno Bruto
PF	Ponto de Fusão
PFF	Peça semifacial filtrante
PPRA	Programa de proteção de riscos ambientais
PVC	Policloreto de vinila, plástico não totalmente originário do petróleo
SI	Sistema Internacional de Unidades
TLV®	<i>Threshold Limit Value</i> (Limite de tolerância)
TWA	<i>Time weighted average</i> (Média ponderada pelo tempo)
VGD	Ventilação Geral Diluidora
VLE	Ventilação Local Exaustora
Vmáx	Valor máximo (para amostragem)

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Percentual
°C	Grau Celsius
C	Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
cm <sup>3</sup>	Centímetro Cúbico
d	Diâmetro
g	Gramas
H	Hidrogênio
H <sub>2</sub> S	Gás sulfídrico (sulfeto de hidrogênio ou hidrogênio sulfurado)
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Ácido sulfuroso
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido sulfúrico
K	Grau Kelvin
KNO <sub>3</sub>	Nitrato de potássio
kg	Quilograma
kg/m <sup>3</sup>	Quilograma por metro cúbico
J	Joule, unidade de energia e trabalho
J/kg*K	Joule por quilograma por kelvin, unidade de calor específico
M <sup>3</sup>	Metro cúbico
M <sup>3</sup> /mol	Metro cúbico por mol
mm	Milímetro
mmHg	Milímetro de mercúrio
mol	Quantidade de matéria equivalente às entidades elementares quanto são os átomos contidos em 0,012 kg de carbono -12
Mpa	Megapascal
Ω	Ohm, unidade de medida da resistência elétrica
ppm	Parte por milhão
S $\alpha$	Enxofre otorrômico
S $\beta$	Enxofre monoclinico
SO <sub>2</sub>	Dióxido de enxofre (anidrido sulfuroso)
SO <sub>3</sub>	Trióxido de enxofre

$\text{SO}_4^{2-}$	Sulfato
t	Tonelada
u	Unidade de massa atômica, ou dalton
Z	Número atômico, quantidade de prótons no núcleo de um átomo
W	Watt, unidade de potência
$\text{W/m}^*\text{K}$	Watt por metro por kelvin, unidade de condutividade térmica

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização

O enxofre é conhecido desde a antiguidade. No século IX a.C. Homero já recomendava evitar a pestilência do enxofre. Pode ser obtido na natureza ou a partir de resíduos de processos extrativistas ou de industrialização de outros produtos como o carvão e o petróleo. As suas aplicações são inúmeras, destacando-se atualmente a produção de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), pólvora (explosivos) e a vulcanização de borracha. ([www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org) e [www.br.com.br](http://www.br.com.br) acessados em mar. de 2007)

### 1.2 A indústria da construção no Brasil

A indústria da construção civil no Brasil apresenta números significativos na economia. Entre 1998 a 1999, foi responsável por cerca de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) e quase 7% das ocupações no mercado de trabalho. O setor é responsável por cerca de 4.700.000 postos de trabalho e tem servido ao estado para atenuar desequilíbrios sociais e econômicos por meio da política de geração de empregos (GONÇALVES, 2003).

Segundo Gonçalves (2003), a construção civil tem sido reestruturada por sistemas construtivos baseados na pré-fabricação de elementos antes produzidos no canteiro de obras, transformando parte do sistema em processos de montagem, coexistindo ainda com materiais e processos de construção tradicionais.

Um destes processos tradicionais ainda empregados é o teste de corpos de prova de concreto com o uso de enxofre.

O espaço de trabalho na construção civil é móvel e transitório, diferentemente de outros setores e da indústria em geral e há pouco investimento significativo na melhoria da capacitação profissional (GONÇALVES, 2000). Existe ainda uma grande divisão de trabalho, tornando suas atividades desgastantes e alienantes (BARREIROS, 2006).

No canteiro de obras encontram-se grupos de trabalhadores oriundos de diferentes empresas, diferentes situações empregatícias e salariais. Há altos índices de mobilidade e rotatividade.

A qualificação profissional e a avaliação da capacidade dos profissionais é por vezes feita no canteiro de obras, onde os professores são os trabalhadores mais velhos (GONÇALVES, 2000). Semelhante divisão do trabalho, ocorria nas oficinas de mestres-artesãos com seus aprendizes na Idade Média. (Fonte: [www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org) acessado em jul. de 2007)

O Brasil apresenta índices de acidentes do trabalho mais altos do que os de outros países da América Latina como Uruguai, Colômbia e México. Os custos desses acidentes e doenças geram perdas sociais e econômicas, além de constituírem uma grande sobrecarga para a competitividade empresarial. Na construção civil isto ocorre mais intensamente em face às condições particulares deste ambiente de trabalho (GONÇALVES, 2000). A tabela I apresenta as quantidades de acidentes de trabalho na construção e em outros setores no Brasil:

**Tabela I – Acidentes de trabalho no Brasil**

Acidentes de trabalho registrados por motivo segundo o setor de atividade econômica – 2001/2003								
	Ano	Acidentes Típicos	%	Doenças	%	Total de acidentes	%	Óbitos
Construção	2001	22.557	7,97	735	3,98	25.446	7,48	337
	2002	25.029	7,73	923	4,14	28.484	7,25	375
	2003	19.093	5,97	692	3,26	21.972	5,63	310
Total	2001	282.965	-	18.487	-	340.251	-	-
	2002	323.879	-	22.311	-	393.071	-	-
	2003	319.903	-	21.208	-	390.180	-	-

Fontes: Anuário Brasileiro de Proteção 2003 e 2005 e MPAS

Este ambiente de trabalho precisa ser analisado e avaliado para que modelos de administração e gestão sejam implementados para diminuir os acidentes e sanar as suas causas, permitindo assim que empresas brasileiras da indústria da construção melhorem suas condições de trabalho e possam tornar-se exemplos em sua atuação no Brasil e em outros países, especialmente os menos desenvolvidos.

### **1.3 Objetivo**

O objetivo deste trabalho consiste em identificar alguns perigos e riscos associados ao uso do enxofre, maneiras de prevenir os riscos envolvidos em seu uso e a aplicação de soluções de engenharia para a proteção à saúde e segurança do trabalhador, em específico o da construção civil, na sua utilização para o capeamento de corpos de prova cilíndricos de concreto em laboratório de canteiro de obra.

### **1.4 Justificativa**

O enxofre gera na sua manipulação outros produtos químicos indesejáveis, entre estes destacam-se alguns gases tóxicos prejudiciais à saúde e à segurança do trabalhador. Conforme BARREIROS (2006), “os acidentes e as doenças relacionadas com o trabalho constituem elementos complicadores para a eficiência e eficácia do sistema produtivo, além de contribuir para a precarização das relações do trabalho”.

A adequada preparação profissional, o conhecimento dos perigos e riscos associados e as proteções e prevenções a serem utilizadas são essenciais meios para se alcançar o equilíbrio entre a produção com qualidade sem prejuízo à segurança, saúde e meio ambiente.

### **1.5 Metodologia**

A elaboração deste trabalho foi feita por meio de pesquisas em bibliografia, sites na Internet e a observação do caso de um canteiro de obra de uma empresa brasileira atuando em Angola na construção de residências.

O primeiro passo foi pesquisar a legislação pertinente ao caso como algumas Normas Regulamentadoras (NR), as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) sobre o procedimento do teste de corpos de prova de concreto e as informações sobre o enxofre e os subprodutos agentes tóxicos em bibliografia, revistas especializadas e sites da internet.

O segundo passo foi efetuar o levantamento de informações e captar imagens fotográficas de uma situação real, um laboratório de canteiro de obras, onde se executa em média, oito testes de corpos de provas de concreto por dia utilizando o

enxofre para o capeamento. Foi observado inclusive, na etapa de levantamento, um acidente de trabalho no local.

Verificou-se as condições reais do ensaio com o uso de enxofre no local para em seguida se apresentarem propostas de solução de engenharia, a saber medidas de prevenção e proteção para os agentes de risco presentes nas operações.

## 2 TOXICOLOGIA

A toxicologia é a ciência que estuda os efeitos nocivos, produzidos pela interação entre os agentes químicos com o organismo (MARTINS, 2006). Os três elementos básicos da toxicologia são:

- Toxicante: agente químico
- Toxicidade: grau de dano
- Intoxicação: intensidade do efeito

Para o estudo da toxicidade é indispensável, o conhecimento das características toxicocinéticas e toxicodinâmicas da substância química, pois a resposta do organismo ao toxicante é função dos mecanismos de transporte que condicionam a sua biodisponibilidade e da natureza da ação que exercem nos diversos sítios sob o ponto de vista bioquímico (MURARI, 2001).

A avaliação da toxicidade dos compostos tem uma grande importância para o estabelecimento de níveis aceitáveis de exposição. Ela é calculada pela medida da intensidade do efeito produzido no organismo pelos diferentes agentes químicos, em condições semelhantes de exposição. A intoxicação, em muitas situações, pode ser revelada apenas pela evidência clínica através de sinais e sintomas e, em outras situações, apenas por meio de recursos oferecidos pelo laboratório.

Segundo MURARI (2001), o ponto de vista didático a intoxicação pode ser apresentada como uma seqüência de quatro fases que representam a interação do agente químico com o sistema biológico, desde a exposição ao toxicante até a manifestação clínica de seu efeito nocivo:

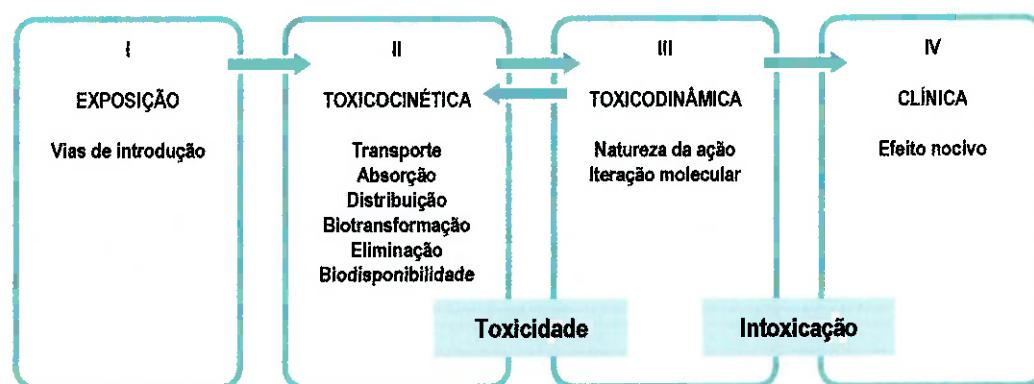


Figura 1 – Fases da Intoxicação

Fonte: MURARI, 2001

Para verificar o risco da exposição ocupacional à xenobióticos<sup>1</sup>, existem três programas de avaliação conforme MARTINS (2006):

- Monitorização Ambiental: avalia a exposição externa dos trabalhadores individualmente ou em grupo;
- Monitorização Biológica: estima o risco à saúde do(s) indivíduo(s) com base na exposição interna do organismo (dose interna);
- Vigilância da Saúde: detecção de efeitos adversos, ainda que precocemente, resultantes da exposição química.

Os Limites de Tolerância (LT) estabelecidos no Brasil pela legislação, a saber, a Norma Regulamentadora NR-15 referem-se as concentrações de substâncias dispersas no ar, representando condições as quais quase todos os trabalhadores podem estar expostos repetidamente sem efeito nenhum efeito adverso para a jornada de trabalho de 48h semanais. São baseados nos limites de exposição com limite média-ponderada (TLV-TWA) da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®)* de 1978, para a jornada de trabalho de 40h semanais (ESTON, 2006).

A NR-7 estabelece o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) para promover e preservar a saúde dos trabalhadores, utilizando para este fim o rastreamento e diagnóstico de agravos à saúde relacionados ao trabalho por meio de exames médicos e avaliação de indicadores biológicos da exposição a agentes químicos e físicos.

---

<sup>1</sup> Xenobióticos são compostos químicos estranhos a um organismo ou sistema biológico. Pode ser encontrado num organismo, mas não é normalmente produzido ou esperado existir nesse organismo.

### **3 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE AGENTES DE EXPOSIÇÃO**

Conforme o Resumo do Evento da I JORNADA (2001), “a quantificação de agentes de risco é apenas uma das etapas de um programa de prevenção de exposição aos riscos ambientais, que por ventura possam estar expostos os trabalhadores. Não se deve dissociar a avaliação quantitativa da análise qualitativa do ambiente de trabalho.”

#### **3.1 Análise quantitativa**

É a fase que compreende a medição do risco imediatamente após as considerações qualitativas, guardando atenção especial à essência do risco e ao tempo de exposição. Esta etapa só é possível de realizar quando o profissional técnico tem convicção firmada de que os tempos de exposição, se somados, configuram uma situação intermitente ou contínua e aguda.

Tanto o instrumental quanto a técnica adotados, e até mesmo o método de amostragem, devem constar por extenso, de forma clara e definida no corpo do laudo, na declaração dos valores, especificando os tempos de horário inicial e final de cada aferição. A interpretação e a consequente análise dos resultados necessitam estar de acordo com o prescrito no texto legal, a NR-15 (I JORNADA, 2001).

A NR-15 estipula que a determinação da concentração média do agente químico seja feita por pelo menos dez amostragens de ar (instantâneas ou não) para cada ponto ao nível respiratório do trabalhador, devendo existir entre cada uma, um intervalo de pelo menos vinte minutos. Estas amostragens podem ser obtidas por meio de medidores eletrônicos de gás, com certificado de aprovação (CA).

A aplicação dos LTs da NR-15 requer adicionalmente que se imponha certos limites aos valores individuais medidos, mesmo que a média aritmética do conjunto de amostragens não exceda o LTma. Este valor individual (de amostragem) máximo admissível ( $V_{máx}$ ) é função do valor numérico do LTma e é obtido por meio do fator de desvio (FD), conforme a expressão:  $V_{máx} = LTma \times FD$ . (ESTON, 2006).

Os valores para FD em função do LTma são resumidos na Tabela II:

**Tabela II – FD em função do LTma**

LTma (ppm ou mg/m <sup>3</sup> )	FD
0 a 1	3
1 a 10	2
10 a 100	1,5
100 a 1000	1,25
acima de 1000	1,1

Fonte: NR-15, Anexo 11

### **3.1.1 Equipamentos eletrônicos na avaliação ambiental – Certificação Internacional e Precisão**

Equipamentos eletrônicos podem ser utilizados na detecção de agentes químicos, físicos e biológicos no ambiente. Um equipamento certificado significa que ele é construído dentro de determinados padrões de qualidade e que ele foi cientificamente estudado para oferecer a melhor resposta possível, dentro de um determinado padrão de qualidade (precisão). Um equipamento sem certificação pode apresentar respostas totalmente distintas em função da variação de temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica etc. Se isso acontecer, o usuário estará realizando uma avaliação imprecisa em função da interpretação de resultados alterados (IJORNADA, 2001).

As normas destes produtos são rígidas. Os fabricantes precisam ser certificados pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). O CA é concedido pela Fundacentro depois de uma série de testes medidos de resistência, propriedades físicas e químicas. Alguns através da Divisão de Equipamentos de Segurança (DES) não atendem o especificado na norma ANSI.Z.87.1/1989, que trata dos EPI's de proteção contra impactos de partículas volantes e contra radiação e luminosidade intensa.

Instituições como *International Electrical Commission* (IEC), *American National Standards Institute* (ANSI), *British Standard Institution* (BSI) etc, são organizações que certificam os fabricantes de equipamentos eletrônicos e atendem

especificações pré-estabelecidas oferecendo respostas dentro de determinado padrão de qualidade (I JORNADA, 2001).

Alguns medidores de gás são apresentados na figura 2:



**Figura 2 – Medidores de gás**

Fontes: [www.draeger.com](http://www.draeger.com) e [www.raesystems.com](http://www.raesystems.com), acessado em junho de 2007

### 3.2 Análise qualitativa

Antes de se iniciar uma quantificação de um agente, deve-se observar e descrever, no mínimo, os seguintes itens:

- as funções do trabalhador: acompanhamento de todas as tarefas;
- as etapas do processo operacional: atividades, funcionamento das máquinas, especificação da fase do método de trabalho (questionamento do empregado e também um supervisor);
- a relação de todos os possíveis riscos que envolvem tal função ou local de trabalho, e se existe exposição a mais de um agente;
- o tempo de exposição ao risco: anotação do tempo de exposição a cada risco em particular e, se durante um determinado tempo fica exposto a mais de um risco. (I JORNADA, 2001)

### **3.2.1 Técnicas preliminares de identificação de perigos**

De acordo com SIMÕES (2006), algumas técnicas para se identificar os perigos são as seguintes:

1. A criação e uso de Fichas de Informação de Segurança de Produto Químico (FISPQ) para as substâncias manipuladas ou envolvidas que apresentam riscos óbvios é um ponto de partida porque apresenta dados relacionados de segurança, meio ambiente, proteção pessoal e instruções de manuseio.
2. A verificação de conformidade com os requisitos legais.
3. Análise Preliminar de Perigos (APP) é a técnica de identificação dos perigos presentes numa instalação que podem ocasionar eventos indesejáveis. Pesquisa os pontos de maior risco e estabelece uma priorização entre estes para a Análise de Riscos Quantitativa. Pode ser utilizada a planilha da Tabela III:

**Tabela III – Exemplo de planilha para APP**

PERIGO	CAUSA	EFEITO	CATEGORIA DE SEVERIDADE	OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Fonte: SIMÕES (2006)

As categorias de severidade são: I Desprezível, II Marginal, III Crítica e IV Catastrófica (SIMÕES, 2006).

## 4 RISCOS AMBIENTAIS

Os elementos a serem considerados na avaliação do risco no uso de uma substância são: a toxicidade, as propriedades físicas e químicas, a probabilidade de absorção pelo organismo, os meios de exposição, a extensão e intensidade da exposição, as propriedades cancerígenas, a corrosividade, as medidas de controle utilizadas etc.

As rotas de entrada para as substâncias tóxicas no corpo humano são:

- Inalação: através do processo de respiração;
- Absorção: através da pele;
- Ingestão: através da boca;
- Injeção: através de pequenas perfurações (ESTON, 2006).

O agente ambiental de risco avaliado neste trabalho, o enxofre, presente no laboratório do canteiro de obras para o teste de corpos de provas de concreto, encontra-se na natureza em estado sólido e líquido, dependendo do instante considerado da operação.

O enxofre pode estar presente no chão, na bancada, nos equipamentos e ferramentas. Ao passar pelo processo de fusão sofre alteração química e dispersa outros gases tóxicos como o gás sulfídrico ( $H_2S$ ) devido à presença de hidrocarbonetos e se for queimado gera dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).

No ar, estes agentes de risco ficam mais dispersos e mais difíceis de serem contidos. Pode haver também outras partículas sólidas e líquidas dispersas no ar que se classificam em: poeiras, névoas e fumos. (TORLONI, 2003). Estes dois últimos não são objetos de estudo deste trabalho.

Pequenas partículas sólidas do enxofre podem se dispersar no ar como resultado da movimentação deste material e/ou do choque mecânico de sólidos. Mas este é um risco de menor gravidade em relação aos gases resultantes de sua fusão.

### 4.1 Controle de riscos ambientais

A engenharia de segurança do trabalho executa o reconhecimento preliminar dos ambientes de trabalho, a avaliação dos riscos, a indicação e o projeto dos

métodos e equipamentos para controle dos riscos e a sua supervisão periódica. Deve ser envolvida a comissão de saúde e segurança da empresa, se houver. Esta comissão deve ajudar na prevenção dos riscos por meio da análise dos registros e pelo estudo dos casos de incapacidade ocupacionais (FERRAÇO, 2006). Também são feitas visitas ao local, entrevistas com os interessados e investigação e análise dos acidentes.

#### **4.2 Conceitos**

Segundo BSI (1999):

Perigo: fonte ou situação potencialmente capaz de causar perdas em termos de danos à saúde, prejuízos à propriedade, prejuízos ao ambiente do local de trabalho ou uma combinação entre eles.

Risco: combinação da freqüência, ou probabilidade, e da(s) consequência(s) da ocorrência de uma situação de perigo específica.

Avaliação dos Riscos: todo o processo de estimativa da magnitude dos riscos e de decisão a respeito da capacidade de se tolerar ou não tais riscos.

## 5 MEDIDAS GERAIS DE CONTROLE DE AGENTES AMBIENTAIS

São medidas que após terem sido implantadas se mostraram efetivas em reduzir riscos aos que estão expostos os trabalhadores. Podem ser separados em duas classes distintas: medidas relativas ao ambiente e medidas relativas ao pessoal.

Não existem regras pré-estabelecidas para a indicação de métodos ou medidas de engenharia de controle dos riscos. As condições específicas de cada situação ou caso determinam o tipo de proteção a ser indicado. De um modo geral, estes métodos visam à eliminação do agente nocivo ou a redução de sua emanação, a prevenção de sua dispersão e a proteção do trabalhador. O controle de um agente nocivo usualmente envolve a combinação de vários métodos ou medidas (FERRAÇO, 2006).

### 5.1 Medidas relativas ao ambiente

Medidas que atuam sobre a fonte e a trajetória dos agentes. São elas: substituição do produto tóxico ou nocivo, mudança ou alteração do processo ou operação, encerramento ou enclausuramento da operação, segregação da operação ou processo, ventilação geral diluidora (VGD), ventilação local exaustora (VLE) e manutenção (FANTAZZINI, 2006).

#### 5.1.1 Adequação do projeto, montagem e equipamentos

É a medida de controle mais satisfatória, porque controla os riscos com adoção de medidas preventivas na própria concepção do projeto e montagem das instalações.

Os equipamentos adotados devem ser utilizados em conformidade com a NR-18 (Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção) satisfazendo requisitos de segurança e a aparelhagem para o ensaio de resistência de corpos de prova em conformidade com a Norma Brasileira (NBR) 5738 e 5739. A manutenção destes equipamentos também é de vital importância. Deterioração, desgaste, corrosão, abrasão e choque devem ser prevenidos, consertados e/ou feitas as necessárias substituições.

### **5.1.2 Substituição de produto por outro menos tóxico ou menos nocivo ou inócuo**

Esta substituição nem sempre é possível, entretanto quando é, representa a maneira mais segura de eliminar ou reduzir um risco (FANTAZZINI, 2006). Deve ser o primeiro princípio de controle a ser considerado, para evitar outras medidas de controle mais elaboradas e custosas.

Na realidade todo material pode ser manipulado com segurança independente do risco que representa. Este método tem limitações técnicas, mas por vezes não é utilizado por interesses econômicos, rotinas já sedimentadas, preconceito e até mesmo a falta de informação (FERRAÇO, 2006).

### **5.1.3 Mudança de processo ou operação**

A maioria das modificações no processo é feita em função do aumento da produção e da redução de custos. Deve-se tirar partido destas mudanças, orientando-as de maneira a conseguir alterações específicas para melhoria nas condições de trabalho (FANTAZZINI, 2006). A mecanização e automação de processos, por vezes resultam em eliminação de riscos, entretanto em alguns casos pode agravar uma condição perigosa. Deve-se avaliar cada situação em particular para saber se a modificação será proveitosa ou não.

### **5.1.4 Encerramento ou enclausuramento da operação**

Consiste no confinamento da operação para impedir a dispersão do contaminante no ambiente de trabalho.

Recipientes ou tanques contendo substâncias tóxicas devem ser tampados. Quando se utilizam tampas móveis, deve-se ter a segurança de que as tampas sejam recolocadas por meio de coberturas auto-selantes. Seu manuseio requer o uso de EPI.

Para o operador ter acessado ao produto sem EPI e sem se contaminar, pode-se enclausurar a substância tóxica por meio do equipamento de proteção coletiva (EPC) chamado *glove box* (caixa com luvas). São caixas que envolvem a operação, possuem aberturas de manuseio com luvas e são transparentes ou dotadas

de visores conforme a figura 3. Isolam totalmente o processo e impedem a dispersão de contaminantes (FANTAZZINI, 2006).



**Figura 3 – *Glove box PV Prest Vácuo e Nexus glove box VAC***

Fontes: [www.vac-atm.com](http://www.vac-atm.com) e [www.abimaq.org.br](http://www.abimaq.org.br), acessados em agosto de 2007

### **5.1.5 Ventilação geral diluidora**

Rebaixa a concentração de contaminantes ambientais mediante a introdução de grandes quantidades de ar, diluindo-os e controlando o calor do local. Não é recomendado para o caso de o contaminante ser disperso próximo a zona respiratória do trabalhador. A renovação de ar pode ser positiva (insuflamento) para o contaminante que se dispersa para fora do ambiente de trabalho ou negativa (exaustão) para o caso de haver a possibilidade do contaminante escapar para outros recintos do ambiente. O volume de ar envolvido é diretamente proporcional ao volume de contaminante gerado por unidade de tempo e a sua toxicidade (FANTAZZINI, 2006).

Os EPCs ventiladores e exaustores de teto e de parede são utilizados para a diluição do contaminante e o controle do calor no ambiente de trabalho.

### **5.1.6 Ventilação local exaustora**

É um dos sistemas mais eficazes para se prevenir a contaminação do ar. Seu princípio é capturar o contaminante no seu ponto de origem, antes que ele chegue à zona respiratória do trabalhador utilizando para este fim a menor quantidade de ar possível. O contaminante capturado é levado por tubulações ao exterior ou ao sistema de coleta (FANTAZZINI, 2006).

Os EPCs coifa e capela são utilizados para a exaustão do contaminante no ambiente de trabalho.

### **5.1.7 Manutenção**

Rigorosamente não se pode considerar este como um método de prevenção no sentido estrito da palavra. É um complemento das medidas anteriores de prevenção no que se refere a todos os equipamentos envolvidos. Programas de manutenção devem ser rigorosamente seguidos, respeitando-se prazos propostos por fabricantes e projetistas (FANTAZZINI, 2006).

### **5.1.8 Ordem e Limpeza**

É uma ferramenta adicional às medidas de controle citadas. A limpeza imediata de qualquer dispersão de produtos tóxicos é uma importante medida de controle. Um programa de limpeza periódico, utilizando-se aspiração a vácuo é uma eficiente maneira de remover pó e partículas da área de trabalho. Nunca o pó pode ser soprado (FANTAZZINI, 2006). O pó soprado se espalha pelo ambiente de trabalho contaminando-o.

Na utilização, manuseio e estocagem de produtos tóxicos, quaisquer arpersões, respingos ou vazamentos devem ser limpos por pessoal que utilize EPI. Os utensílios de limpeza descartáveis devem ser dispostos em recipientes herméticos e removidos da instalação industrial.

## **5.2 Medidas relativas ao pessoal**

Medidas que atuam sobre o receptor. São elas: equipamento de proteção individual (EPI), educação e treinamento, controle médico e limitação de exposição (ESTON, 2006).

### **5.2.1 Equipamento de proteção individual**

São considerados a última linha de defesa, utilizados após criteriosas considerações sobre todas as possíveis medidas de controle relativas ao ambiente,

que possam eventualmente ser aplicadas prioritariamente. O pessoal deve estar treinado para utilizá-los corretamente, conhecendo as proteções que oferecem e suas limitações.

### 5.2.1.1 Equipamentos de proteção respiratória

A NBR 13697 define as classes de filtros para particulados P1, P2 e P3, segundo valores de resistência à respiração e a penetração de aerossol de teste. Analogamente, se o filtro para particulados se apresenta na forma de peça semifacial filtrante, denominam-se PFF1, PFF2 e PFF3 (TORLONI, 2003).

Utilizar filtro classe P1 (ou PFF1) se o fator de proteção (FP) < 10 ou para as partículas altamente tóxicas, utilizar filtro classe P3 (ou PFF3) se FP < 10.

Na falta de indicação na literatura brasileira, pode-se utilizar as recomendações do *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH): filtros respiratórios *dust mist* (DM) equivalem ao P1 (ou PFF1) para poeiras em geral e o filtro de ar de alta eficiência (HEPA) equivale ao P3 (ou PFF3) para poeiras de substâncias com TLV® < 0,05 mg/m³.

Máscara ou respirador são sinônimos e visam a proteção do usuário contra a inalação de contaminantes ou do ar com deficiência de oxigênio, situação descrita como Imediatamente Perigosa à Vida ou à Saúde (IPVS).

O filtro é uma parte do respirador purificador para de ar, e quando é construído para reter gases e vapores químicos, é denominado filtro químico.

Os filtros químicos de baixa capacidade são chamados FBC1, que são encontrados no mercado brasileiro, no formato de máscaras descartáveis para vapores orgânicos em baixas concentrações. As recomendações de como selecioná-los e utilizados encontram-se na publicação da Fundacentro.

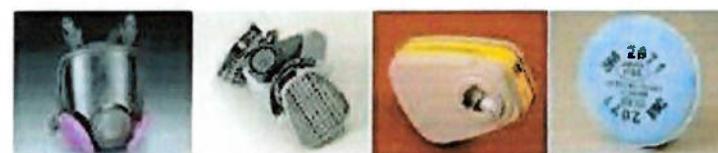
A NBR13696 classifica os filtros químicos para respiradores de ar não motorizados segundo a máxima concentração de uso (MCU) conforme a tabela abaixo. Esta concentração refere-se a um dado contaminante no ar.

**Tabela IV – MCU**

Filtro		Tipo	Máx concentração em ppm	Tipo de peça facial compatível
Classe FBC	FBC-1	Vapor orgânico/cloro	50 10	Semifacial filtrante, quarto facial, semifacial, facial inteira
	FBC-2	cloro	1000	Semifacial filtrante, semifacial, facial inteira ou cj. bucal
Classe 1	Cartucho pequeno	Vapor orgânico Gases ácidos cloro	1000 1000 10	Quarto facial, semifacial, facial inteira ou cj. bucal
Classe 2	Cartucho médio	Vapor orgânico Gases ácidos	5000 5000	Facial inteira
Classe 3	Cartucho grande	Vapor orgânico Gases ácidos	10000 10000	Facial inteira

Fonte: TORLONI, 2003

Na figura 4 são apresentados um modelo de respirador purificador de ar com peça facial inteira e outro com peça semifacial, ambos com filtros químicos aos pares; filtro tipo cartucho químico e filtro combinado, respectivamente da esquerda para direita:



**Figura 4 – máscaras e filtros**

Fonte: [www.3m.com](http://www.3m.com), acessado em março de 2007

### 5.2.2 Educação e treinamento

Independem de outras medidas de controle. São conduzidas e coordenadas pelo Engenheiro de Segurança. Inclui a explanação sobre os riscos presentes nas operações, operações adequadas à preservação da saúde e segurança, riscos

ambientais, procedimentos de emergência, noções de primeiros socorros e medidas de urgência desenvolvidas com a participação do médico do trabalho.

### **5.2.3 Limitação da exposição**

A redução dos períodos de exposição do trabalhador é uma solução efetiva e econômica em muitos casos críticos, onde outras medidas mostraram-se ineficazes, impraticáveis ou insuficientes. Deve obedecer a critérios técnicos bem definidos.

## 6 ENXOFRE

O enxofre (do latim *sulphur*) é conhecido desde a antiguidade. Gregos e romanos usavam o enxofre em fumigações e também se valiam dos vapores de sua combustão no branqueamento de tecidos. Aproximadamente no século XII, os chineses inventaram a pólvora, uma mistura explosiva de salitre [nitrato de potássio ( $KNO_3$ )], carvão [carbono] e enxofre. Os alquimistas na Idade Média conheciam a possibilidade de combinar o enxofre com o mercúrio. Somente nos finais da década de 1770, a comunidade científica convenceu-se, através de *Antoine Lavoisier*, de que o enxofre era um elemento químico e não um composto. ([www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org), acessado em março de 2007).

### 6.1 Ocorrência

O enxofre é encontrado livremente na natureza especialmente em regiões de rochas vulcânicas e sedimentares. Facilmente reconhecido na forma de cristais amarelos, ocorre em diversos minerais de sulfeto e sulfato, ou mesmo em sua forma pura. ([www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org) acessado em mar. de 2007).

O enxofre, elemento muito abundante na crosta terrestre, é encontrado em grandes quantidades na forma de galena (sulfetos) e de gesso (sulfato de cálcio hidratado). Na forma nativa é encontrado junto a fontes termais, zonas vulcânicas e em minas de cinábrio (sulfeto de mercúrio), galena (sulfeto de chumbo), estibina (sulfeto de antimônio) e blenda (sulfeto de zinco). Também está presente, em pequenas quantidades, em combustíveis fósseis como carvão e petróleo. Outros importantes compostos naturais de enxofre são a pirita de cobre (sulfeto de cobre) e o espato pesado (sulfeto de bário) ([www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org) acessado em mar. de 2007).

O enxofre de natureza sedimentar, pode ser extraído por diversos processos como a perfuração de minas de enxofre a grandes profundidades, a extração a partir de metais que possuem enxofre como impureza ou pelo processo Frasch que consiste em injetar vapor de água superaquecido para fundir o enxofre, e posteriormente bombeá-lo para o exterior utilizando-se ar comprimido. ([www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org), acessado em março de 2007).

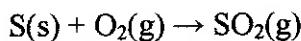
É extraído do gás natural que contém sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) que, uma vez separado, é queimado para a produção do enxofre. Também, pela recuperação de gases ácidos do petróleo.

Nos Estados Unidos, estão as maiores reservas mundiais, nas formações geológicas terciárias até a borda do golfo do México. São responsáveis por 16% da produção mundial seguidos por Canadá (15,1%), Rússia (10,9%) e China (9,7%). O Brasil participou com 0,7%. ([www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br), acessado em abril de 2007).

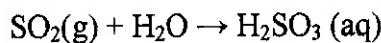
O enxofre proveniente do refinamento de combustíveis, já constituem-se em importante porcentual da produção mundial. As grandes refinarias que destilam óleo contendo 1% a 2% de enxofre, poderão ser apreciáveis fontes deste elemento. ([www.christus.com.br](http://www.christus.com.br) acessado em mar. de 2007).

Os combustíveis derivados do petróleo possuem determinadas quantidades de enxofre que, quando queimadas, no motor a combustão, emitem compostos, como o  $SO_2$  e  $SO_3$ , que livres na atmosfera, reagem com vapor d'água dando origem a ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) através das seguintes transformações ([www.quiprocura.net](http://www.quiprocura.net), acessado em abril de 2007):

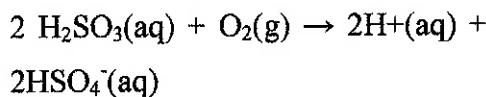
1<sup>a</sup> via:



O dióxido de enxofre quando em contato com a água da umidade atmosférica pode produzir o ácido sulfuroso.

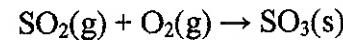


Subseqüente oxidação lenta produz o ácido forte, ácido sulfúrico:

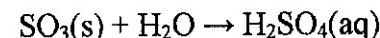


2<sup>a</sup> via:

A oxidação do dióxido de enxofre em trióxido de enxofre.



O  $SO_3$  é hidratado, ou seja, entra em contato com água da atmosfera e produz o ácido sulfúrico.



Em alguns países o enxofre é retirado dos gases residuais da fabricação de coque e da hulha, das destilações de xisto (folhelho) pirobetuminoso, e de outros minérios como a pirita de ferro (dissulfeto de ferro) e a anidrita (sulfato de cálcio).

	<p>Minério de enxofre nativo (S8). Produto de sublimação vulcânica e em depósitos sedimentares. Usado na produção de ácido sulfúrico e pesticidas.</p>
	<p>Pirrotita (FeS). Encontrado em rochas vulcânicas básicas. Usado na produção de ácido sulfúrico.</p>
	<p>Amostras de pirita, FeS<sub>2</sub>, o principal minério de enxofre, também conhecido como “ouro dos tolos”. Brilho metálico, opaco, amarelo. É usado na produção de ácido sulfúrico.</p>

**Figura 5 – Minerais**

Fonte: [www.cdcc.sc.usp.br](http://www.cdcc.sc.usp.br), acessado em março de 2007

Na lua vulcânica Io do planeta Júpiter há a presença de diferentes formas de enxofre. Também é encontrado em vários tipos de meteoritos e possivelmente na próximo à cratera lunar Aristarco ([www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org), acessado em março de 2007).

No Brasil, reservas oficiais são encontradas em Paracatu, Morro Agudo e Fortaleza de Minas (MG). São conhecidos recursos de 3,6 milhões t em Sergipe e 48 milhões t na formação Irati da bacia do Paraná que abrange os estados do Paraná, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. ([www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br), acessado em abril de 2007)

O enxofre é também encontrado em tecidos e estruturas animais e vegetais como a cebola, o alho, a mostarda, muitos óleos, o pêlo, os ovos, as proteínas. Nas águas de muitas fontes, e na forma de gases sulfurosos ([www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org) acessado em mar. de 2007).

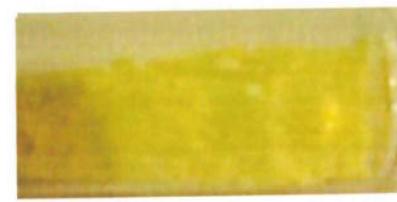
## 6.2 Propriedades

O enxofre é um elemento químico não metálico, insípido e inodoro, pertencente ao grupo VIA da tabela periódica (grupo dos calcogênios), juntamente com o oxigênio. Tem uma coloração amarela, é mole, frágil e leve. Desprende um odor característico de ovo podre ao misturar-se com o hidrogênio, e queima com chama azulada formando dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ). É insolúvel em água.

O enxofre apresenta a propriedade conhecida como alotropia, isto é, pode cristalizar-se de diferentes maneiras. Apresenta formas alotrópicas em todos os estados (sólido, líquido e gasoso) cujas relações não são totalmente conhecidas. As estruturas cristalinas do enxofre mais comuns são o octaedro ortorrômbico ( $\text{S}\alpha$ )  $95,6\text{ }^\circ\text{C}$  ) e o prisma monoclinico ( $\text{S}\beta$ ) sendo a temperatura de transição de  $95,5\text{ }^\circ\text{C}$ ; formando em ambos os casos moléculas  $\text{S}_8$  ([www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org) acessado em mar. de 2007). O  $\text{S}\alpha$  é mais estável à temperatura ambiente e ele se dissolve em dissulfeto de carbono. O  $\text{S}\beta$ , segunda variedade alotrópica desse elemento, é estável entre  $95,6$  e  $119\text{ }^\circ\text{C}$ . É obtido a partir do vagaroso resfriamento do enxofre fundido Na forma rômbica apresenta as seguintes características: diâmetro ( $d$ ) =  $2,07\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , ponto de fusão (PF) =  $112,8\text{ }^\circ\text{C}$  e ponto de ebulição (PE)  $\approx 444,7\text{ }^\circ\text{C}$ .

A temperaturas acima do ponto de fusão, o enxofre fundido é um líquido amarelo que contém anéis  $\text{S}_8$ , como na forma sólida. Em torno de  $160\text{ }^\circ\text{C}$  os átomos de enxofre formam cadeias e o líquido se torna mais viscoso e marrom escuro. Se o enxofre fundido for resfriado rapidamente, por exemplo sendo jogado em água gelada, obtém-se o enxofre amorfo, que é um sólido marrom avermelhado. Acima de  $200\text{ }^\circ\text{C}$  a viscosidade diminui. O vapor de enxofre contém mistura de moléculas de  $\text{S}_2$ ,  $\text{S}_4$ ,  $\text{S}_6$  e  $\text{S}_8$ . Na fase amorfa apresenta:  $d = 1,92\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , PF  $\approx 120\text{ }^\circ\text{C}$ , PE =  $444,1\text{ }^\circ\text{C}$ . (Fonte: [www.cdcc.usp.br](http://www.cdcc.usp.br), acessado em março de 2007).

**Tabela V – Propriedades do enxofre**

 <b>Fósforo - Enxofre - Cloro</b>	
Geral	
Nome, símbolo, número	Enxofre, S, 16
Classe, série química	Não-metal, representativo (calcogênio)
Grupo, período, bloco	16 (VIA), 3, p
Densidade, dureza	1960 kg/m <sup>3</sup> , 2
Cor e aparência	Amarelo-limão 
Propriedades atômicas	
Massa atômica	32,065(5) u
Elétrons por nível de energia	2, 8, 6
Estados de oxidação (óxido)	± 2, 4, 6 (fortemente ácido)
Estrutura cristalina	Ortorrombica
Estado da matéria	Sólido
Ponto de fusão	115,21 °C
Ponto de ebulação	444,72 °C
Volume molar	$15,53 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mol}$
Características gerais	
Eletronegatividade	2,58 (escala de <i>Pauling</i> )
Calor específico	710 J/kg*K
Condutividade elétrica	$5,0 \times 10^{-22} \text{ ohm}^{-1} \text{ m}^{-1}$

Condutividade térmica	0,269 W/m*K
Unidades SI e CNTP, exceto onde indicado o contrário	

Fonte: [www.wikipedia.org.br](http://www.wikipedia.org.br), acessado em março de 2007

### 6.3 Aplicações e produtos finais

A maior parte do enxofre produzido no mundo é consumido na fabricação de ácido sulfúrico, para produção de baterias, pólvora (explosivos) e vulcanização da borracha. O enxofre está presente em quase todos os tipos de processos industriais como a fabricação de pesticidas, fosfatos (fertilizantes), pigmentos (corantes e tintas), detergentes e nas indústrias petroquímica, siderúrgica, metalúrgica, fotográfica e de produtos orgânicos com açúcar, vinho, papel e celulose. Também é empregado na eletrólise de metais e produção de dióxido de enxofre. ([www.br.com.br](http://www.br.com.br) e [www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org), acessados em março de 2007).

Um exemplo de transformação dentro destes processos de fabricação é a produção da flor de enxofre obtido por sublimação de seu vapor. É um pó amarelo utilizado como fungicida vegetal e também na produção do ácido sulfúrico e outros compostos. ([www.cdcc.sc.usp.br](http://www.cdcc.sc.usp.br), acessado em março de 2007).

A empresa Petrobrás Distribuidora S.A. apresenta três produtos de enxofre pulverizado, com traços de hidrocarbonetos ou gás sulfídrico: o pecuário (complemento alimentar para gado), o ventilado (vulcanização de borrachas e pneus) e o industrial. ([www.br.com.br](http://www.br.com.br), acessado em março de 2007)

### 6.4 Toxicidade do enxofre

Os metais pesados possuem elevado peso atômico. Do ponto de vista toxicológico, este grupo de metais possui a propriedade química dentro do organismo humano de afinidade com o oxigênio formando os óxidos metálicos e também com o enxofre (que é do mesmo grupo do oxigênio) originando os sulfetos, forma na qual podem ser encontrados na natureza como minérios. Contudo, na ausência de enxofre ou sulfetos livres, o metal pode encontrar o enxofre na forma do radical sulfidrila (-SH) que é um tipo de sulfeto.

O enxofre desempenha papel importante na estrutura das moléculas, mantendo, por exemplo, a estrutura tridimensional de proteínas, através das pontes de dissulfeto que pode ser alterada em contato com um metal pesado que desloca o hidrogênio e liga-se ao enxofre. No caso de uma proteína plasmática ou um fio de cabelo, pouco problema será originado. Porém se uma enzima tiver sua ponte alterada, sua atividade metabólica será diminuída ou até mesmo encerrada. (COLACCIOPPO, 2001).

#### **6.4.1 Contaminantes**

Os gases e vapores podem ser classificados de acordo com a NBR 12543:1999 em: orgânicos, ácidos, alcalinos, inertes e especiais, de acordo com as propriedades químicas que influenciarão na seleção de filtros de respiradores faciais. (TORLONI, 2003).

Principal gás formado da combustão do enxofre é o dióxido de enxofre (anidrido sulfuroso)  $\text{SO}_2$ : gás/vapor ácido forte e irritante primário, com solubilidade moderada.

Normalmente, na exposição ocupacional, apresenta baixas concentrações, não sendo significativamente absorvido nas vias aéreas superiores. Inalado, pode reagir com a água nas vias aéreas, formando o ácido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) enchendo os pulmões de sangue com a consequente asfixia. Produtos de sua reação no organismo podem ainda gerar sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). A exposição prolongada eleva a incidência de nasofaringites e bronquites crônicas.

Consequências: doença respiratória crônica, ataques asmáticos e em crianças, altera a ventilação pulmonar. (MARTINS, 2006)

O enxofre fundido, devido às impurezas de hidrocarbonetos gera o gás sulfídrico (sulfeto de hidrogênio ou hidrogênio sulfurado)  $\text{H}_2\text{S}$ .

Este gás também pode ser formado das combinações de enxofre oxidadas em ambientes com ausência de oxigênio, como subproduto do metabolismo anaeróbico de bactérias heterotróficas, podendo ocorrer também em meio a uma acumulação de detritos orgânicos com diminuição de oxigenação severa e prolongada em sedimentos de fundo.

O H<sub>2</sub>S é um gás/vapor ácido forte, irritante secundário e asfixiante bioquímico, incolor, mais pesado do que o ar e com odor desagradável. Valores relatados para percepção olfativa variam para cada indivíduo entre 0,007 a 0,3 ppm.

Introduzido no organismo por meio do trato respiratório é absorvido pelo sangue e distribuído aos demais órgãos.

Consequências:

Exposição a baixas concentrações: conjuntivite, secreção lacrimal, irritação no trato respiratório, edema pulmonar, dano ao músculo cardíaco, alterações psíquicas, distúrbio do equilíbrio, paralisia nervosa, espasmos e colapso circulatório.

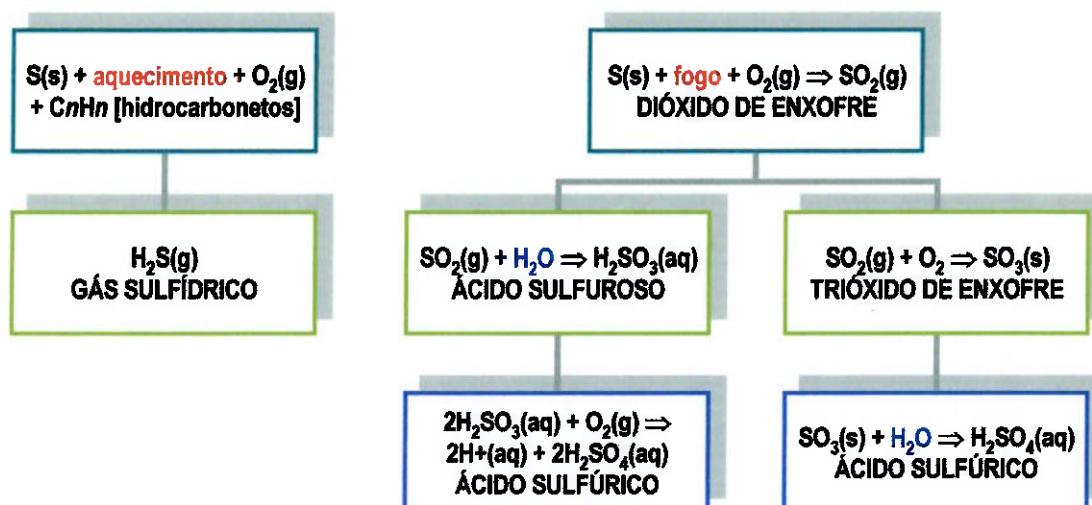
Exposição a elevadas concentrações ( $\approx$  660 ppm): imediata parada respiratória e morte. (MARTINS, 2006)

Principal ácido formado como subproduto da combustão do enxofre é o ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>): gás/vapor irritante primário, com alta solubilidade.

É líquido à temperatura ambiente e sob a ação do calor forma névoas bastante irritantes. É mais irritante em presença de muita umidade. A percepção olfativa é prejudicada por pessoas expostas continuamente.

Consequências: irritações das vias respiratórias superiores, da pele, olhos e erosão dentária. (ESTON e MARTINS, 2006)

Os ciclos dos contaminantes do enxofre estão exibidos na figura 6:



**Figura 6 – Ciclos químicos dos contaminantes do enxofre**

O enxofre é tratado como partícula incômoda e seu limite de tolerância é de 10 mg/m<sup>3</sup> conforme TLVs® e BEIs® (2005).

Alguns produtos químicos são incompatíveis com o enxofre e seus derivados. Estes produtos podem reagir e criar uma condição de perigo devido a esta reação. Devem permanecer e serem estocados separadamente e longe do local onde há enxofre. São apresentados na tabela a seguir:

**Tabela VI – Produtos incompatíveis**

Substância Química	Incompatível com
Enxofre	Nitrato de amônio, cloratos
Gás sulfídrico	Ácido nítrico fumegante, gases oxidantes, argônio, criptônio, hélio, neônio, nitrogênio e xenônio
Ácido sulfúrico	Clorato de potássio, perclorato de potássio, permanganato de potássio e compostos similares de outros metais leves
Ácido sulfúrico concentrado	Acetona

Fonte: QUÍMICA, 2004 e FERREIRA, 2005

## 6.5 Conceitos

- Anaeróbio: em ausência de oxigênio
- Catalisador: tudo aquilo que facilita reações químicas sem nelas participar
- Escala de *Pauling*: escala utilizada na Química para medir eletronegatividade dos elementos químicos.
- Enzima: substâncias orgânicas de natureza normalmente protéica que catalisa reações químicas intra ou extracelulares
- Gás: fluido gasoso em condições normais de temperatura e pressão (CNTP)
- Heterotrófico: ser vivo que não pode produzir o seu alimento a partir da fixação de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e se alimenta a partir de outros compostos
- Hidrocarboneto: composto químico constituído apenas por átomos de carbono (C) e hidrogênio (H) aos quais se podem juntar outros átomos dando origem a diferentes compostos

- Névoa: suspensão de partículas líquidas no ar, formadas pela ruptura mecânica de um líquido
- Radical: grupo de átomos combinados numa molécula capaz de manter sua individualidade numa reação química
- Rômbico: semelhante ao losango
- Sulfeto: um sulfeto é a combinação do enxofre (estado de oxidação -2) com um outro elemento químico
- Vapor: fase gasosa de substância sólida ou líquida em CNTP devido a mudanças acentuadas de temperatura e pressão

Fontes: TORLONI (2003) e [www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org), acessado em julho de 2007

## 7 LEGISLAÇÃO

A Constituição da República Federativa do Brasil, conforme texto publicado em 1988, é a norma jurídica de maior hierarquia vigente em nosso país, seus princípios não podem ser contrariados ou diminuídos. Ela possui forte conteúdo humanista, referindo-se à saúde como elemento constitutivo do pacto social, caracterizado como um direito universal para toda a sociedade e uma obrigação do Estado. A legislação no Brasil referente à saúde e segurança no trabalho e previdência possui caráter eminentemente social. (PANDAGGIS, 2005)

A Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), amparada pela Constituição, estatui as normas que regulam as relações individuais e coletivas de trabalho. Define o conceito legal de insalubridade como sendo as atividades ou operações que "por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição...".

As Normas Regulamentadoras (NR) são instituídas pelo Ministério do Trabalho (MTE) e regulam diversos aspectos relativos à segurança e medicina do trabalho. São destacadas para este trabalho:

- NR-15 relativa às atividades e operações insalubres: define o Limite de Tolerância (LT) baseado no Limite de Exposição (LE) da documentação dos Limites de Exposição Ocupacional (TLVs®) da ACGIH® de 1978;
- NR-18 que trata das condições e meio ambiente na indústria da construção: estabelece diretrizes administrativas e de planejamento para implementar medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção e estabelece o Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT);
- NR-9 que estabelece o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) que visa a preservação da saúde e integridade do trabalhador e ampara o PCMAT. Também permite o uso dos valores TLV® na ausência de LTs. Nesta situação, adota-se o valor de referência mais recente.

## 8 ENSAIO DE RESISTÊNCIA

Método de execução do ensaio de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, conforme as NBR 5738:2003 e NBR 5739:2004.

### 1) Aparelhagem necessária:

- Máquina de ensaio tipo prensa, provida de sistema de regulagem que possibilite a aplicação de carga continuamente e sem choque; dispõe de dois pratos de aço, entre o quais os corpos de prova serão submetidos à compressão. O prato inferior deverá ter marcas de referência para centralização dos corpos de prova. A máquina de ensaio deve ser verificada de acordo com a norma NBR 6156, de forma rotineira em intervalos de tempo não superiores a um ano e de forma extraordinária sempre que se suspeite de existência de qualquer erro ou quando for realizada qualquer operação de manutenção/reparação e deslocamento da máquina.
- Elementos de leitura de cargas: A leitura das cargas deve ser realizada com resolução de, no mínimo 1% do resultado do ensaio. Dessa forma, o resultado mínimo aceitável deve corresponder a 100 vezes a resolução do elemento de leitura. A resolução do elemento de leitura deve ser superior a 1,5% da capacidade máxima da escala utilizada.

### 2) Preparação dos corpos de prova:

- Aparelhagem utilizada: Moldes – devem ser confeccionados em aço ou outro material não absorvente e quimicamente inerte com os componentes constituintes do concreto. Devem ter as superfícies internas lisas e sem defeitos. Os moldes cilíndricos utilizados para avaliar a resistência à compressão normalmente possuem 150 mm x 300 mm ou ainda em tamanho menor: 100 mm x 200 mm.
- Moldagem do corpo de prova: o concreto fresado a ser ensaiado é inserido nos moldes em 3 camadas, entre cada camada aplicam-se 20 golpes contínuos com soquete na mesma intensidade de força a fim de se obter melhor homogeneização da mistura. Ao final da moldagem do

corpo de prova, cobre-se o molde com uma placa de vidro, besuntada de óleo vegetal (ou similar) a fim de evitar que o vidro fique “colado” ao concreto.

Os corpos de prova são armazenados em câmara úmida ou em água saturada com cal à 23°C +/- 3°C (processo denominado “cura”), pelo período de tempo necessário para a realização dos ensaios, que são realizados aos 7, 14 e 28 dias a partir da moldagem dos corpos de prova.

### 3) Realização do ensaio de resistência à compressão:

- Após o período de cura, os corpos de prova são desmoldados para a realização do ensaio, quando então se faz necessária a operação de capeamento dos corpos de prova com o objetivo de nivelar os topes dos corpos de prova tornando-os paralelos, lisos e íntegros, objetivando reduzir as variações de ensaio devidas à falta de paralelismo entre os pratos da prensa, os desvios do eixo do corpo de prova em relação a direção da movimentação dos pratos, e o atrito entre os pratos e os topes do corpo de prova.
- O diâmetro e altura dos corpos de prova são verificados e servem para compor o resultado do ensaio.
- Coloca-se então o corpo de prova entre os pratos da prensa, centralizando-o sobre a superfície.
- A seguir se aplica a carga de forma contínua e sem choques bruscos, até que ocorra a ruptura do corpo de prova. Registra-se o valor da máxima carga alcançada o tipo de ruptura e toda informação relacionada a com o aspecto do concreto na região da ruptura.
- A resistência à compressão deve ser calculada aproximando a 0,1 MPa através da seguinte fórmula:

$$f_c = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}$$

onde:

$f_c$  é a resistência à compressão, em megapascals

$Q$  é a carga máxima alcançada, em Newtons

$d$  é o diâmetro do corpo de prova em milímetros

Não há na NBR 5739:2004 especificação quanto a composição do material a ser utilizado no capeamento. O termo “pasta de argamassa” citado nesta norma como sendo o material a ser utilizado no capeamento é genérico. Na prática o capeamento com enxofre é o mais usual. Outros métodos têm sido pesquisados e atualmente também se pratica o capeamento com borracha neoprene e a retífica de corpos de prova.

As figuras a seguir apresentam detalhes da realização do ensaio e os equipamentos utilizados:



**Figura 7 – Rompimento dos corpos de prova**

Fonte: Ensaio realizado no laboratório de ensaios TestServ



**Figura 8 – Prensa hidráulica manual com manômetro**

Fonte: Catálogo Solotest



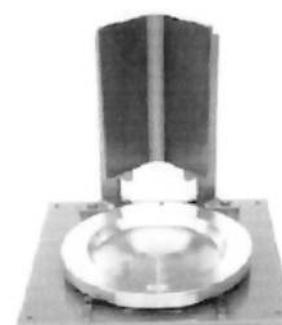
**Figura 9 – Prensa eletro-hidráulica com manômetro**

Fonte: Catálogo Solotest



**Figura 10 – Fôrma cilíndrica para moldagem de corpos de prova**

Fonte: Catálogo Solotest



**Figura 11 – Gabarito capeador**

Fonte: Catálogo Solotest

## 8.1 Conceitos

Canteiro: Instalações provisórias destinadas aos alojamentos, estoque de materiais e equipamentos, almoxarifado durante a execução da obra, podendo contar com infra-estrutura para controle da qualidade dos materiais e processos executados.

Capeamento: nome dado ao ato de preparação dos corpos de prova cilíndricos de argamassa e/ou concreto de cimento *Portland* para ensaios mecânicos, como por exemplo, resistência à compressão e módulo de deformação, que terão seus topos revestidos de uma argamassa de acabamento liso e elevada resistência. Com este tratamento espera-se que os corpos de prova apresentem topos paralelos, lisos e íntegros, objetivando reduzir as variações de ensaio devidas a falta de paralelismo entre os pratos da prensa, os desvios do eixo do corpo de prova em relação a direção da movimentação dos pratos, e o atrito entre os pratos e os topes do corpo de prova. No concreto convencional, comumente realiza-se o capeamento com argamassa de enxofre fundida, moldada e resfriada.

Corpos de prova: amostra do concreto endurecido, especialmente preparado para testar propriedades como resistência à compressão, módulo de elasticidade etc.

Ensaio: realização de testes que visam determinar propriedades físicas ou químicas de um material.

Ensaio de Resistência à Compressão: ensaio realizado para determinar o esforço resistido do concreto, estimado pela ruptura de corpos de prova cilíndricos em prensas especiais.

Moldagem: especificamente sobre concretos ou argamassas de cimento *Portland*, refere-se ao procedimento normalizado de confeccionar corpos de prova.

## 9 ESTUDO DE CASO

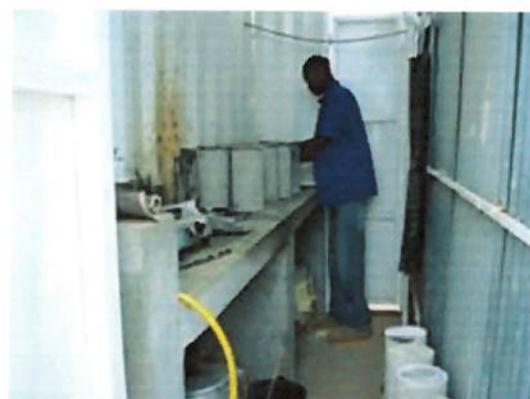
### 9.1 Descrição do local

O presente estudo foi realizado no canteiro de obra de uma construtora brasileira atuante em Angola. A legislação em vigor em Angola é muito similar à brasileira sendo esta última considerada a base para empresas brasileiras, por ser mais detalhista e completa.

Trata-se da construção de condomínio residencial com casas de alto padrão e o controle tecnológico do concreto é feito no laboratório localizado num container dentro do próprio canteiro da obra, conforme figuras a seguir:



**Figura 12 – Instalações do laboratório onde são realizados os ensaios de resistência à compressão**

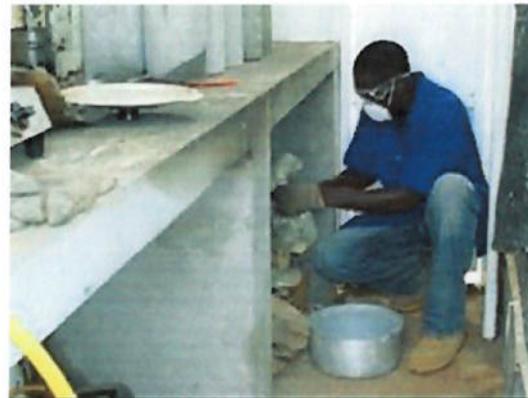


**Figura 13 – Vista interna onde se realiza o capeamento**

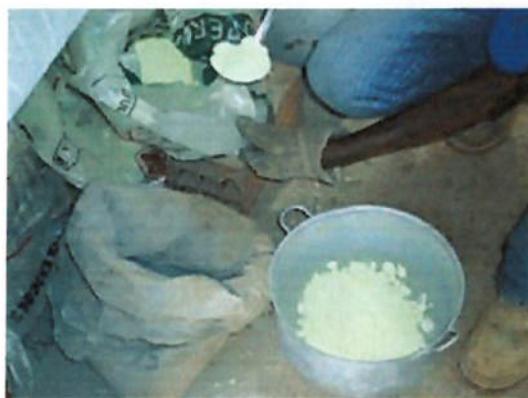
### 9.2 Operação do capeamento

As etapas do ensaio (de resistência à compressão) são descritas e ilustradas abaixo:

Após os corpos de prova passarem pelos processos iniciais de ensaio de resistência (moldagem dos corpos de prova, identificação, pesagem, imersão em água), é iniciada a etapa de capeamento que de fato interessa no estudo de caso observado. O processo é artesanal e envolve os seguintes passos:



**Figura 14 – Local de estoque de enxofre e cimento**



**Figura 15 – Mistura de enxofre com cimento na proporção de 3:1**



**Figura 16 – Leva-se a panela com a mistura ao fogo por aproximadamente 15 minutos**



**Figura 17 – A fôrma onde será feito o capeamento é besuntada de óleo**



**Figura 18 – Utiliza-se uma concha para transferir a mistura de enxofre e cimento aquecida para moldar o corpo de prova no capeamento**



**Figura 19 – Coloca-se o corpo de prova na fôrma com a mistura do capeamento**



**Figura 20 – Após o arrefecimento da mistura está pronto o capeamento dos corpos de prova para serem encaminhados à prensa para determinação da resistência**



**Figuras 21 e 22 – Deposição indevida dos corpos de prova com enxofre**

### 9.3 Análise da observação do capeamento

A operação sem os devidos cuidados com saúde e segurança propiciam ambientes para causar acidentes devido a não haver proteção contra os perigos envolvidos. No estudo de caso analisado observou-se os seguintes itens:

- O processo é artesanal
- O estoque do produto é inadequado
- Falta conhecimento sobre os perigos e riscos envolvidos na manipulação do enxofre e no processo de capeamento
- Falta de EPC como ventilação forçada para eliminação de gases tóxicos
- Falta de EPIs adequados à operação com enxofre
- Falta de planejamento quanto à deposição final dos resíduos com enxofre no meio ambiente

Durante a análise do estudo de caso em questão observou-se o seguinte acidente de trabalho ilustrado nas fotos seguintes:



**Figuras 23, 24 e 25 – Acidente com queimadura gerando afastamento de 10 dias do funcionário**

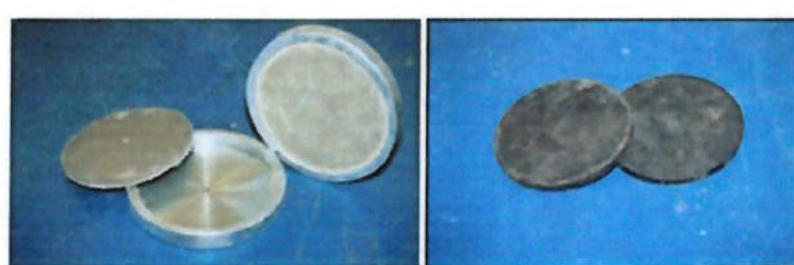
## 10 DISCUSSÃO

O processo na indústria da construção abordado, o capeamento de corpos de prova com argamassa de enxofre, conforme a análise qualitativa no estudo de caso, envolve três agentes toxicantes principais. A fundição do enxofre emana o tóxico gás sulfídrico ( $H_2S$ ), e a sua queima acidental gera o gás dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) e o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).

A presença de agentes toxicantes no ambiente requer a adoção de sistemas preventivos nos processos e condições de trabalho em conformidade com a NR-18 que objetiva a implantação de tais medidas para preservar e assegurar a saúde e a vida dos trabalhadores na indústria da construção.

Os sistemas preventivos da saúde e segurança são implementados pelas medidas gerais de controle combinadas entre si. Entre tais, as medidas de controle sobre o ambiente devem primeiramente atuar na origem ou no causador da situação de risco para eliminar sua causa se isto for possível, impedindo assim que o agente nocivo entre em contato com o trabalhador (receptor). Neste caso, a maneira mais eficaz de impedir este contato é substituir a fonte tóxica ou nociva por outra fonte menos tóxica ou menos nociva ou inócuia.

A fonte de contaminação no processo considerado é o enxofre fundido (argamassa) ou acidentalmente queimado no ensaio à resistência de corpos de prova cilíndricos. Este pode ser substituído por outros materiais não tóxicos para capear os cilindros como os discos de neoprene (Figura 26). Os corpos de prova também podem ser fresados por meio de retífica vertical (Figura 27).



**Figura 26 – Discos de neoprene com e sem reforço metálico**

Fonte: JACOSKI (2001)



*Retifica vertical para  
corpos de prova em  
concreto*

**Figura 27 – Retifica vertical**

Fonte: Catálogo Solotest

Caso esta substituição de material ou processo não seja feita, deve-se atuar no meio ambiente para evitar que estes agentes sejam transportados até alcançarem o receptor, ou que ao menos, possam ser dispersados no ambiente em proporções seguras à preservação da saúde e à proteção da vida daqueles com os quais entrem em contato.

A constatação da presença dos gases pode ser feita pela coleta de amostras em tubos medidores colorimétricos. Trata-se de um meio pouco preciso para uma avaliação do LT, porém é útil para uma análise preliminar documentada.

Para que a proteção do trabalhador seja efetivada, as medidas de engenharia devem adequar o projeto ou a montagem do laboratório para controlar o riscos envolvidos na inalação dos gases tóxicos e no manuseio de material aquecido a alta temperatura utilizando os equipamentos de proteção coletiva (EPC).

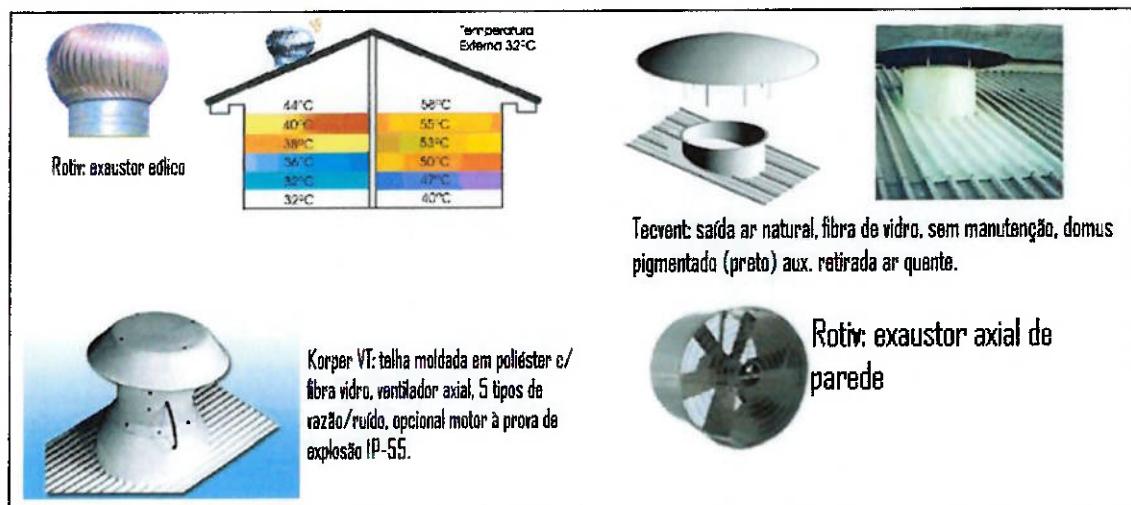
### **10.1 Equipamentos de Proteção Coletiva**

A dispersão dos agentes toxicantes no ambiente do laboratório do canteiro de obras, pode ser alcançada com a ventilação geral diluidora (VGD), que é executada com as aberturas de ventilação:

- lateral (paredes): janelas ou ventiladores/exaustores elétricos;

- superior (teto): saídas de ar natural, exaustores eólicos e ventiladores /exaustores elétricos.

A VGD também proporciona o conforto térmico no ambiente podendo então ser implementada somente para esta finalidade. Alguns exemplos de ventiladores e exaustores são apresentados na Figura 28:



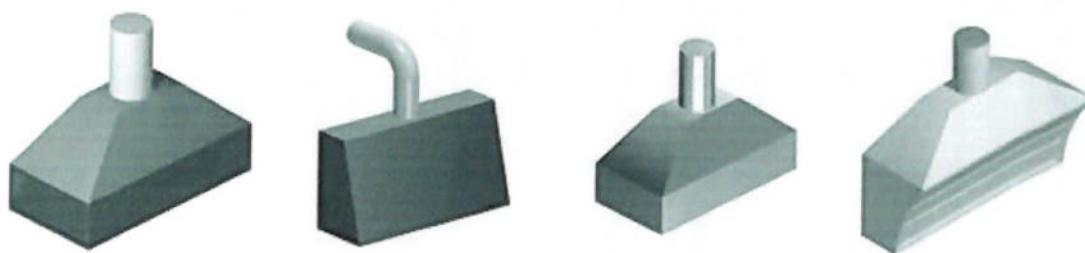
**Figura 28 – Ventiladores e exaustores**

Fontes: [www.korper.com.br](http://www.korper.com.br), [www.rotiv.com.br](http://www.rotiv.com.br) e [www.tecvent.com.br](http://www.tecvent.com.br) acessados em junho de 2007

O uso da VGD só impede a exposição à intoxicação caso as concentrações dos gases permaneçam abaixo do Limite de Tolerância Média Aritmética (LTma) que pode ser constatado por meio da análise quantitativa de amostras de ar.

Caso se constate a concentração dos gases acima do LT, deve-se desviar os toxicantes da região onde o trabalhador executa suas tarefas. Para isto, utiliza-se a ventilação local exaustora (VLE) que é implementada com a utilização do conjunto de dispositivos tais como: captores, ventiladores, coletores e chaminés de descarga, todos interligados pela rede de dutos.

A captação do ar contaminado pode ser feita por meio de coifas, apresentadas na figura 29:



**Quatro Águas**  
Aço Inox 304 e 316  
Fiber Glass/ PVC  
Polipropileno  
Med.:90/ 120/ 150/  
180x60x45cm  
ou especial

**Trapezoidal**  
Aço Inox 304 e 316  
Fiber Glass/ PVC  
Polipropileno  
Med.:90/ 120/ 150/  
180x60x45cm  
ou especial

**Absorção Atômica**  
Aço Inox 304 e 316  
Med.:30x15x15cm

**Cptação Direta**  
Fiber Glass/ PVC  
Med.:122x22x40cm

**Figura 29 – Modelos de coifas**

Fonte: [www.ibram.com.br](http://www.ibram.com.br) acessado em junho de 2007

Após a captação nas coifas, o ar contaminado é sugado pelo ventilador através da rede de dutos para o coletores. Este é o dispositivo responsável pela purificação do ar, por separar e adequadamente armazenar o contaminante, evitando riscos de poluição e o simples incômodo na área de descarga do ar capturado (KULCSAR, 2006).

A VLE também pode ser implementada pela utilização das capelas, ilustradas em seguida:



LF: capela fibra de vidro, modular, dutos adaptáveis



LF: fibra vidro reforçada, formato aerodinâmico, acompanha exaustor



LF: tam. grande, fibra vidro reforçada, exaustor c/ turbina resist. a gases corrosivos

**Figura 30 – Modelos de capelas**

Fonte: [www.lfequipamentos.com.br](http://www.lfequipamentos.com.br) acessado em junho de 2007

As capelas são mais simples para serem implantadas. Diferentemente dos sistemas compostos por vários dispositivos, elas podem acoplar até três funções da VLE (captação, exaustão e coleta) em um único módulo, despejando o ar purificado no duto que está interligado à chaminé de descarga.

Os projetos para implantação de VGD e VLE requerem a participação de profissionais especializados.

## 10.2 Equipamentos de Proteção Individual

A utilização de EPIs somente é aceitável quando não existem outras medidas tecnicamente viáveis. Conforme o texto da NR-6, “sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais”. Sua utilização é limitada e dependente de fatores como a sua correta e permanente utilização, o que pode causar desconforto. Eles não previnem acidentes, apenas evitam ou amenizam as lesões.

### 10.2.1 Equipamentos para proteção respiratória

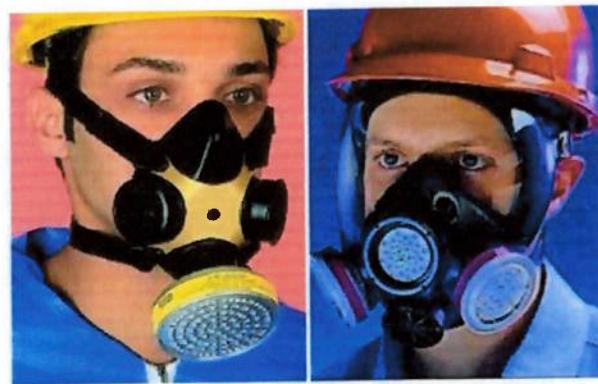
Embora a poeira do enxofre não seja tóxica, deve-se utilizar respiradores com filtro mecânico para evitar desconforto no seu manuseio. Caso o produto seja queimado, para evitar inalação de seus vapores deve-se utilizar respiradores para os gases ácidos SO<sub>2</sub> e o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Alguns modelos são apresentados a seguir:



**Figura 31 – máscaras e filtros**

Fonte: [www.draeger.com.br](http://www.draeger.com.br)

Para a fundição do enxofre deverá ser utilizada máscara facial ou semi-facial com óculos de proteção com filtro químico para o H<sub>2</sub>S, apresentados na figura 32:



MSA semi facial Confo | Plus      MSA facial Advantage 1000

**Figura 32 – Máscara semi-facial e facial**

Fonte: [www.msanet.com.br](http://www.msanet.com.br)

No caso de ser detectado cheiro de “ovo podre” característico do gás sulfídrico deve-se imediatamente utilizar o equipamento de respiração autônomo, ou o equipamento com ar mandado. Quando sua concentração aumenta, o sentido do olfato se satura fazendo desaparecer o odor, passando despercebido a sua presença no ar e deixando as vítimas expostas aos seus efeitos possivelmente letais. ([www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org) acessado em mar. de 2007)

A tolerância a este gás é demonstrada na tabela abaixo:

**Tabela VII – Efeitos da asfixia bioquímica pelo gás sulfídrico**

Concentração (ppm)	Tempo de exposição	Efeitos
8	8 horas	Nenhum.
50-100	1 hora	Irritação moderada na garganta e nos olhos.
200-300	1 hora	Forte irritação
500-700	1,5 hora	Inconsciência e morte por paralisia respiratória
Acima de 1000	Minutos	Inconsciência e morte por paralisia respiratória.

Fonte: TORLONI, 2003

### 10.2.2 Óculos de proteção

Os óculos de proteção devem ser prescritos de acordo com a atividade exercida, levando em consideração a luminosidade do ambiente e o risco do trabalho. Protegem os olhos contra impactos, luminosidade e radiações (lentes coloridas) e respingos de produtos químicos.

Os modelos nacionais são fabricados em diferentes materiais como nylon, acetato, policloreto de vinila (PVC), *Acrylonitrile butadiene styrene* (ABS), policarbonato e as lentes podem ser tanto em policarbonato como em cristal oftalmológico (incolor ou colorido). As suas características são:

- policarbonato: resistência a riscos, opcionais películas anti-risco e anti-embassante;
- cristal: resistência a riscos, cerca de 50% mais pesada (Proteção, set de 2006).

As lentes incolores devem possuir a identificação do fabricante / importador e do número da tonalidade ou a marcação “S” se a lente destina-se a atividades especiais. Outro requisito importante é a espessura que deve ser de no mínimo 2 mm e em função disso a lente de vidro deve ser de no mínimo 3 mm. As lentes coloridas têm funções adicionais, não necessárias à atividade em estudo neste trabalho. (Proteção, set de 2006)

Os óculos devem ser resistentes ao impacto, sem quebrar, mas caso isto ocorra deverá ser na forma de rachaduras radiais, sem gerar lascas; além do mais devem ter proteção lateral. Alguns modelos apresentados na figura 33:



**Figura 33 – óculos de proteção**

Fonte: [www.grupobt.com.br](http://www.grupobt.com.br)

Para os trabalhadores que necessitam de correção, também é preciso que a fornecedora seja cadastrada no MTE e a armação possua o CA. Isso porque o MTE avalia se o CA é extensivo às lentes graduadas, desde que as mesmas não sejam manufaturadas pelo próprio fabricante ou importador. As lentes de segurança graduadas devem ser fabricadas (não devem estar prontas) e dentro dos padrões exigidos pelo MTE. Não é recomendado que se adaptem lentes graduadas com empresas não autorizadas, pois isso descharacteriza o EPI, fazendo com que o respectivo CA não tenha validade. (Proteção, set de 2006)

### **10.2.3 Luvas de trabalho**

Para se adquirirem as luvas devem ser feitas avaliações da área de risco e das atividades desenvolvidas, verificando-se a temperatura de trabalho envolvida na tarefa, o tempo de exposição do trabalhador e a origem do calor. Deve-se conhecer os graus de proteção (níveis de performance) necessários e suas normas de utilização.

Por exemplo, segundo o Comitê Brasileiro CB-32/ABNT, a utilização ocupacional de luvas para exposições ao calor (luvas térmicas) deve acontecer a partir de 48°C, temperatura do limiar da dor e entre as atividades que exigem o seu uso estão os trabalhos com fornos e fundição.

O cumprimento correto da NR-9 (PPRA) é determinante no sucesso da escolha do EPI. O levantamento dos agentes agressivos presentes na tarefa dá o subsídio para a seleção do correto tipo das luvas (Proteção, jan de 2006). O enxofre fundido a alta temperatura e a presença de hidrocarbonetos são os indicativos para o uso de luvas de PVC, vaqueta, raspa e/ou couro ([www.centraldoepi.com.br](http://www.centraldoepi.com.br) acessado em ago. de 2007).

Não basta que as luvas sejam aprovadas com CA. É preciso adequá-las e ajustá-las às necessidades dos trabalhadores. Por exemplo, luvas para proteção contra agentes químicos e/ou altas temperaturas podem também receber pigmentos de borracha injetados na palma para assegurar maior aderência (Proteção, jan de 2006) e ainda, a utilização de cano longo é apropriado para trabalhos de fundição por proteger o antebraço. Alguns tipos de luvas são apresentados nas Figuras 34 e 35:



**LUVA DE VAQUETA/COURO/RASPA CANO LONGO** – utilizada para proteção contra superfícies aquecidas, fagulhas e proteção contra raios ultravioleta em serviços de soldagem.

**LUVA NITRÍLICA TIPO MUCAMBO** – utilizada para manipulação de produtos químicos na realização de análises em laboratórios.

**Figura 34 – Tipos de luvas e recomendações**

Fonte: [www copebras.com.br](http://www copebras.com.br)



**Figura 35 – Luvas de PVC**

Fonte: [www bracolonline.com.br](http://www bracolonline.com.br)

#### 10.2.4 Vestimentas de Segurança

O uniforme deve ser confeccionado ou receber tratamento com algum dos materiais apresentados na Tabela VIII para a proteção contra os agentes agressores químicos e físicos (calor). Também é possível que sejam utilizadas vestimentas tipo macacão ou calça com blusão ou avental e mangote (confeccionados estes materiais da Tabela XI) sobre o uniforme de tecido comum não tratado.

O Tyvek® é um não tecido composto 100% por fibras de polietileno de alta densidade garantindo alta proteção à pele contra partículas sólidas, líquidos e gases. É classificado pelas normas americana e européia conforme apresentado na Tabela IX. O NOMEX® é uma fibra resistente ao calor e às chamas, além de óleos e solventes ([www balaska.com.br](http://www balaska.com.br) acessado em ago. de 2007). O Kevlar® refere-se às fibras aramidas utilizadas entre outras aplicações, como reforço em plástico reforçado (Kevlar 49) ([www pt.wikipedia.org](http://www pt.wikipedia.org) acessado em ago. de 2007).

**Tabela VIII – Vestimenta de Segurança**

Riscos	Materiais
Produtos Químicos	Tyvek® (polietileno de alta densidade), PVC, tecidos algodão 100% ou mistos tratados com hidrorrepelentes, aramida  É necessário observar a indicação do produto químico e da sua concentração, pois os materiais reagem de forma diferente a cada um deles
Calor	Algodão 100%, Kevlar® e NOMEX® (fibras aramidas), couro tratado
	O algodão sem qualquer tratamento é contra-indicado para proteção contra altas temperaturas. O mesmo acontece com o nylon, pois este é um composto orgânico que derrete com o calor.

Fonte: Revista Proteção abr. 2006

**Tabela IX – Classificação das roupas de proteção Tyvek®**

	EUA	Europa
Vestimentas totalmente encapsuladas, destinadas à proteção contra gases	Nível A	Tipo 1
Vestimentas encapsuladas ou não encapsuladas, destinadas à proteção contra líquidos (alto contato)	Nível B	Tipos 2 e 3
Proteção contra partículas sólidas e respingos de químicos líquidos	Nível C	Tipos 4 e 5
Proteção parcial contra partículas sólidas ou respingos parciais de químicos líquidos	Nível D	Tipo 6

Fonte: [www.balaska.com.br](http://www.balaska.com.br) acessado em ago. de 2007

### 10.2.5 Considerações

Além destes equipamentos, deve-se utilizar rotineiramente calçados de vaqueta ou látex, uniforme e capacete se segurança.

Na presença de gases tóxicos, utilizar máscara facial ou semi-facial (com óculos de proteção) com filtro para gases ácidos e luvas de PVC.

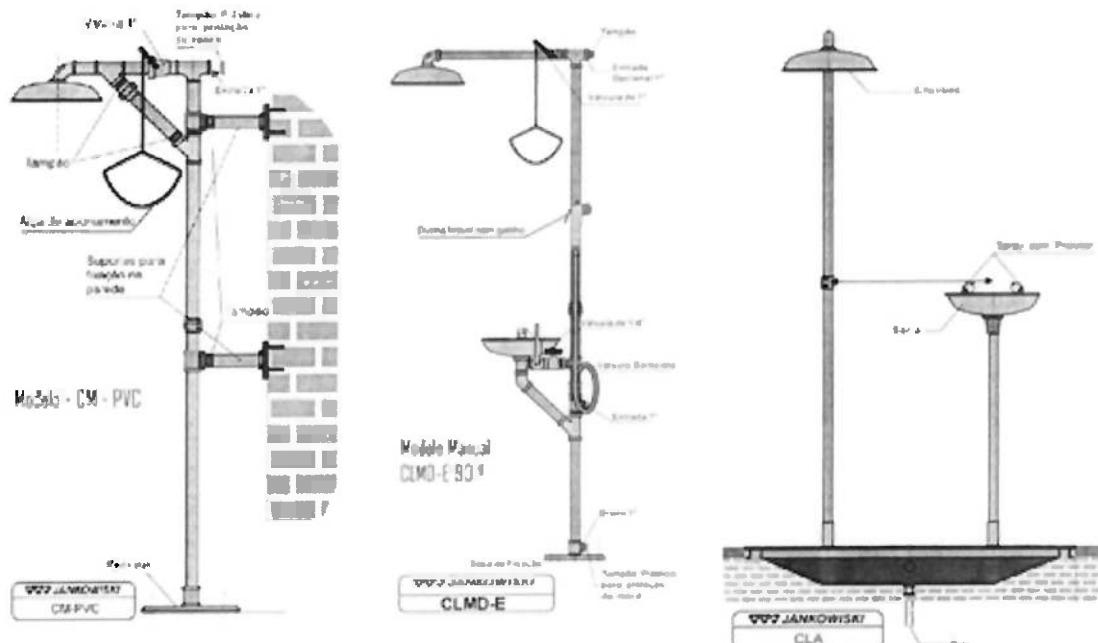
Numa situação de emergência em que ocorram altas concentrações dos gases tóxicos, deve-se utilizar calça e blusa de PVC e máscara autônoma para gases ácidos. Estes EPIs devem estar ao alcance imediato do trabalhador para serem utilizados em tais situações.

### 10.3 Equipamentos de Proteção Coletiva para situações de emergência

Mesmo com a utilização de EPCs e/ou EPIs, situações inesperadas e mesmo de emergência podem vir a ocorrer. A queima direta accidental do pó de enxofre gerando os gases tóxicos e a irritação nos olhos ou na pele devido ao contato com o (H<sub>2</sub>S) estão entre várias situações que podem ocorrer e obrigam o trabalhador a proteger sua integridade, sua saúde e até mesmo sua vida.

Os EPCs chuveiros e lava-olhos de emergência (Figuras 36, 37 e 38) são dispositivos usados para respectivamente lavar o corpo (em parte ou inteiro) e os olhos do trabalhador que apresente uma reação de sensibilidade ou irritação alérgica devido ao contato com o toxicante, seja este um dos gases gerados ou mesmo o próprio enxofre.

Esta reação pode ser decorrente de uma exposição accidental curta a uma alta concentração ou mesmo fruto de contínuas e repetidas exposições despercebidas pelo trabalhador a baixas concentrações do agente.



**Figura 36 – Chuveiros e Lava-Olhos de Emergência**

Fontes: [www.jankowiski.com.br](http://www.jankowiski.com.br) acessado em junho de 2007



**Figura 37 – Chuveiros e Lava Olhos de Emergência**

Fontes: [www.avlisvalvulas.com.br](http://www.avlisvalvulas.com.br) acessado em junho de 2007



**Figura 38 – Lava Olhos de Emergência**

Fontes: [www.avlisvalvulas.com.br](http://www.avlisvalvulas.com.br) acessado em junho de 2007

## 11 CONCLUSÃO

A pesquisa realizada permitiu identificar perigos e riscos associados no laboratório de canteiro de obra da construção civil para o teste de corpos de prova de concreto.

A revisão de literatura orientou para os riscos e perigos associados presentes no caso de estudo. A pesquisa permitiu analisar as condições reais de campo e compará-las com as condições de trabalho estabelecidas pelas normas.

Em face às informações levantadas e apresentadas, torna-se evidente a necessidade da utilização de equipamentos de proteção coletiva e individual.

O uso de EPCs para o manuseio do enxofre conforme o estado em que se encontra está resumido na Tabela X:

**Tabela X – Precauções Coletivas**

Estado do enxofre	Operação	Sub-produto considerado	Conseqüências	EPCs
Sólido	Manuseio / armazenagem	Partícula incômoda	Possível reação alérgica	Chuveiros e lava olhos
Pó	Manuseio / armazenagem	Poeira	Irritação trato resp. e pálpebras / reação alérgica	Ventilação forçada / exaustora, chuveiros e lava olhos.
Sólido/ Pó em combustão	Emergência	Gás SO <sub>2</sub> e ácido sulfúrico H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Alta irritação trato respiratório /	Ventilação forçada, água em névoa/neblina, CO <sub>2</sub> , pó químico seco Pequeno foco: areia, terra fina
Fundido (líquido)	Manuseio / armazenagem	Gás H <sub>2</sub> S	Toxicidade	Ventilação forçada, chuveiros e lava olhos
Fundido (sólido)	Manuseio / armazenagem	Partícula incômoda	Possível reação alérgica	Chuveiros e lava olhos

O uso de EPIs para o manuseio do enxofre conforme o estado em que se encontra está resumido na Tabela XI:

**Tabela XI – Precauções Individuais**

Estado do enxofre	Operação	Sub-produto considerado	Consequências	EPIs (capacete, calçado segurança, uniforme)
Sólido	Manuseio / armazenagem	Partícula incômoda	Possível reação alérgica	Luvas*, máscara P1 ou PFF1
Pó	Manuseio / armazenagem	Poeira	Irritação trato resp. e pálpebras / reação alérgica	Luvas*, máscara P1 ou PFF1, óculos proteção
Sólido/ Pó em combustão	Emergência	Gás SO2 e ácido sulfúrico H2SO4	Alta irritação trato respiratório /	Máscara facial com filtro SO2 ou semi-facial com óculos de proteção
Fundido (líquido)	Manuseio / armazenagem	Gás H2S	Toxicidade	Luvas longas*, calça de proteção** e blusão ou avental com mangote**, máscara facial com filtro H2S ou semi-facial com (óculos de proteção ou protetor facial)
Fundido (sólido)	Manuseio / armazenagem	Particula incômoda	Possível reação alérgica	Luvas* e opcionalmente calça e blusa de PVC.

O presente trabalho não esgota o assunto sobre o estudo de caso, podendo estender-se para outros temas da segurança do trabalho que poderão ainda ser abordados como por exemplo o conforto térmico, a ergonomia e a segurança contra incêndios.

A análise (qualitativa) dos riscos e suas avaliações (quantitativas) servem para expor as condições do ambiente e fornecer subsídios para que medidas de controle e sistemas preventivos de segurança sejam implementados nos processos e assim seja alcançado o objetivo maior, a saber, a proteção à saúde e à vida do trabalhador.

\* PVC, vaqueta, raspa e/ou couro

\*\* Tyvek®, PVC, algodão 100%, Kevlar® e/ou NOMEX®

## **ANEXO I – NORMAS REGULAMENTADORAS**

### **NR-15**

Norma Regulamentadora 15: Atividades e Operações Insalubres.

Define Limite de Tolerância – LT, que é o Limite de Exposição – LE baseado no TLV® da ACGIH® 1978.

Define as atividades e operações insalubres de acordo com a exposição do trabalhador, a natureza dos agentes a as técnicas de avaliações das condições de exposição disponíveis.

### **NR-18**

Norma Regulamentadora 18 trata das condições e meio ambiente na indústria da construção. Estabelece diretrizes administrativas, de planejamento e de organização para implementar medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção civil.

A sua existência jurídica é assegurada em termos de legislação ordinária pelo inciso I do artigo 200 da CLT:

“Cabe ao Ministério do Trabalho estabelecer disposições complementares às normas de que trata este Capítulo, tendo em vista as peculiaridades de cada atividade ou setor de trabalho, especialmente sobre:’

I – medidas de prevenção de acidentes e os equipamentos de proteção individual em obras de construção, demolição ou reparos;”

A aplicação das NRs abrange todo o território nacional, onde se desenvolvam as atividades econômicas do Quadro I - Classificação Nacional de Atividades Econômicas da NR-4. Entre estas atividades estão contempladas na construção civil: reparação do terreno, demolição e preparação do terreno, perfurações e execução de fundações destinadas à construção civil, grandes movimentações de terra, construção de edifícios e obras de engenharia civil, edificações (residenciais, industriais, comerciais e de serviços, inclusive ampliação e

reformas completas), obras viárias (inclusive manutenção), grandes estruturas e obras de arte, obras de urbanização e paisagismo, montagens industriais, obras de outros tipos, obras de acabamentos e serviços auxiliares da construção, alvenaria e reboco, impermeabilização e serviços de pintura em geral, outros serviços auxiliares da construção, aluguel de equipamentos de construção e demolição com operários.

O PCMAT, Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, trata da prevenção de acidentes do trabalho e doenças ocupacionais. É elaborado por empresas de construção para contemplar aspectos de segurança do trabalho e mais outros dispositivos complementares de segurança, especialmente da NR-9.

É obrigatório a elaboração e cumprimento do PCMAT nos estabelecimentos como canteiros de obras e frentes de trabalho com 20 trabalhadores ou mais. Este documento deve ser mantido à disposição à disposição do Órgão Regional do MTE para fiscalização. É elaborado e executado por profissionais legalmente habilitados na área de segurança do trabalho, engenheiros e técnicos.

A implementação do PCMAT nos estabelecimentos da construção civil é responsabilidade do empregador ou do condomínio. O documento é composto do seguinte:

- a) memorial com condições e meio ambiente do trabalho nas atividades e operações considerando-se os riscos, acidentes e doenças do trabalho e suas medidas preventivas;
- b) projeto de execução das proteções coletivas em conformidade com as etapas de execução da obra;
- c) especificação técnica das proteções coletivas e individuais;
- d) cronograma de implantação das medidas preventivas definidas no PCMAT;
- e) ‘layout’ inicial do canteiro da obra, inclusive o dimensionamento das áreas de vivência;
- f) programa educativo contemplando a temática de prevenção de acidentes e doenças do trabalho com sua carga horária.

Medidas especiais de proteção devem ser tomadas para serviços em locais confinados, onde se evidencia a exposição do trabalhador a riscos de asfixia, explosão, intoxicação e doenças do trabalho. São as seguintes:

- a) inspeção prévia e elaboração da ordem de serviço com procedimentos a serem adotados;
- b) treinamento e orientação para os trabalhadores quanto aos riscos, a forma de prevení-los e o procedimento a ser adotado em situações de risco. A cada 20 trabalhadores, 2 devem ser treinados para procedimentos de resgate;
- c) utilização de EPI em serviços que utilizam produtos químicos e o monitoramento permanente de substâncias que causem asfixia, explosão e intoxicação no interior de locais confinados, que será realizado por trabalhados qualificado sob supervisão de responsável técnico;
- d) ventilação local exaustora eficaz que extraia os contaminantes e ventilação geral diluidora que insufle ar para o interior do ambiente, garantindo permanentemente a renovação contínua do ar, sendo proibido o uso de oxigênio para ventilação em local confinado, além disso, deve ser mantido ao alcance dos trabalhadores, ar mandado e/ou equipamento autônomo para resgate;
- e) sinalização com informações claras e permanente durante a realização de trabalho no interior de espaços confinados;
- f) acondicionamento adequado de substâncias tóxicas ou inflamáveis utilizadas;

Máquinas e equipamentos diversas devem ser utilizadas preventivamente com os seguintes cuidados:

- a) a operação que exponha o operador ou terceiros a riscos só pode ser executada por trabalhador qualificado com crachá informativo;
- b) deve haver manutenção, especialmente para os dispositivos de segurança, de acordo com as normas vigentes, com inspeção registrada em documento específico, onde conste datas e falhas observadas, medidas corretivas adotadas e indicação de pessoa, técnico e empresa que as realizou;
- c) todos devem estar localizados em ambientes adequadamente iluminados, segundo a NBR-5413/91: Níveis de Iluminância de Interiores.

Ferramentas diversas devem ser utilizadas preventivamente com os seguintes cuidados:

- a) utilização apropriada ao uso, proibindo-se o emprego das defeituosas, danificadas ou improvisadas devendo ser substituídas pelo empregador ou o responsável pela obra;
- b) os trabalhadores devem ser treinados e instruídos para a utilização segura das ferramentas, proibindo-se o porte destas em bolsos ou outros locais inapropriados;
- c) ferramentas manuais com gumes ou pontas devem ter estas partes protegidas com bainha de couro ou outro material semelhante em resistência e durabilidade, quando não estiverem sendo utilizadas;
- d) ferramentas de equipamentos pneumáticos portáteis devem ser retirados manualmente e nunca com o uso da pressão do ar comprimido;
- e) condutores de ferramentas portáteis devem ser manuseados de modo que não sofram torção, ruptura ou abrasão e tão pouco devem obstruir o trânsito de trabalhadores e outros equipamentos.

A empresa é obrigada a fornecer aos trabalhadores gratuitamente, equipamento individual de proteção – EPI, adequado ao risco e em perfeito estado e funcionamento de acordo com a NR-6.

#### Armazenagem e estocagem de materiais em canteiros de obras:

- a) de modo a não prejudicar o trânsito de pessoas e trabalhadores, a circulação de materiais, o acesso aos equipamentos de combate a incêndio, não obstruir portas e saídas de emergência e não provocar empuxos ou sobrecargas nas paredes, lajes ou estruturas de sustentação, além do previsto, em seu dimensionamento;
- b) pilhas de materiais a granel ou embalados devem ter forma e altura que garantam sua estabilidade e facilitem seu manuseio e, em pisos elevados, os materiais não podem ser empilhados a uma distância de suas bordas menor do que a equivalente à altura da pilha, com exceção para quando houver elementos protetores dimensionados para tal fim;

- c) a armazenagem deve permitir que os materiais sejam retirados obedecendo à seqüência de utilização planejada para não prejudicar a estabilidade da pilha;
- d) não se deve empilhar sobre piso instável, úmido ou desnivelado;
- e) cal virgem deve estar em local seco e arejado;
- f) materiais tóxicos, corrosivos, inflamáveis ou explosivos devem ser armazenados em locais isolados, apropriados, sinalizados e permitido acessado somente a pessoal devidamente autorizado e que tenham conhecimento de procedimentos em caso de acidente.

A sinalização tem o objetivo de:

- a) identificar locais de apoio que compõe o canteiro e especialmente locais que contenham substâncias tóxicas, corrosivas, inflamáveis, explosivas e radioativas;
- b) alertar quanto a obrigatoriedade de uso de EPI específico para a atividade executada com sinalização de advertência próxima ao posto de trabalho.

Tapume são divisórias de isolamento (normalmente de madeirite) circulando todo o perímetro do canteiro. É obrigatório o seu uso em todo local no qual se devam impedir o acesso de pessoas estranhas. Sua altura mínima é 2,20 metros em relação ao nível do terreno.

Ordem e limpeza:

- a. o canteiro deve estar organizado, limpo e desimpedido nas vias de circulação, passagens e escadarias;
- b. o entulho e as sobras de materiais devem ser regularmente coletados e removidos com cuidados especiais para evitar poeira excessiva e eventuais riscos;
- c. é proibido manter lixo ou entulho expostos inadequadamente no canteiro e a queima de lixo ou outro material no interior do canteiro.

Treinamento deve ser ministrado para todos os empregados na admissão e periodicamente visando garantir as execuções das atividades com segurança. Nos treinamentos, os trabalhadores devem receber cópias dos procedimentos e de operações a serem realizados com segurança.

O treinamento admissional possui carga horária mínima de 6 horas, dentro do horário de trabalho, antes do trabalho iniciar, com atividades em que constem: informações sobre as condições e o meio ambiente de trabalho, riscos da função, uso adequado de EPI e informação sobre equipamentos de proteção coletiva - EPCs existentes no canteiro.

O treinamento periódico é ministrado no início de cada fase da obra e sempre que necessário.

Trabalhador habilitado é aquele que comprova perante o empregador e a inspeção do trabalho, capacitação mediante curso específico do sistema oficial de ensino ou por centro de treinamento reconhecido pelo sistema oficial de ensino.

Trabalhador qualificado é aquele que obtém capacitação mediante treinamento na empresa ou curso em instituição pública ou privada para habilitação profissional ou aquele que possui experiência em carteira assinada de pelo menos 6 meses na função.

Em caso de morte de trabalhador:

- a) comunicar imediatamente à polícia e Órgão Regional MTE que repassará ao sindicato;
- b) isolar o local relacionado ao acidente, mantendo suas características até a liberação pela autoridade policial e pela Delegacia Regional do Trabalho - DRT;
- c) a liberação do local poderá ser concedida após a investigação pela DRT no máximo em 72 horas, desde o protocolo de recebimento da comunicação escrita ao órgão, podendo após este prazo, ser liberado o local.

Estatísticas de Acidentes: Ficha de Acidente de Trabalho:

- a) conforme o Anexo I da NR-18, deve ser preenchida até 10 dias após o acidente, mantendo cópia e protocolo de encaminhamento até 3 anos para fiscalização do órgão regional do MTE;
- b) refere-se a acidentes fatais e acidentes com ou sem afastamento e a doenças do trabalho;
- c) preenchida pelo empregador no estabelecimento em que ocorrer o acidente;

- d) encaminhar pelo serviço de postagem à Fundacentro, o Anexo II até o último dia útil de fevereiro do ano subsequente mantendo cópia por 3 anos para fiscalização do órgão regional do MTE.

Disposições Gerais: Máquinas, equipamentos e ferramentas diversas:

- a) protetores removíveis só podem ser retirados para limpeza, lubrificação, reparo e ajuste e devem ser obrigatoriamente recolocados após este procedimento;
- b) operadores não podem se afastar da área de controle das máquinas e equipamentos sob sua responsabilidade, quando em funcionamento;
- c) inspeção, limpeza, ajuste e reparos só devem ser executados com máquina ou equipamento desligado, salvo movimentação indispensável à inspeção ou ao ajuste;
- d) as ferramentas manuais não devem ser deixadas sobre passagens, escadas, andaimes e outras superfícies de trabalho e circulação, devendo ser guardados em locais apropriados quando não estiverem em uso.

Disposições Finais:

- a) colocar em lugares visíveis, cartazes alusivos à prevenção de acidentes e doenças do trabalho;
- b) é facultada a apresentação e execução, após a aprovação da Fundacentro, soluções alternativas referentes às medidas de proteção coletiva ou outros dispositivos não previstos nesta NR, que propiciem avanço tecnológico e proteção para a segurança, higiene e saúde dos trabalhadores, às quais constituirão projetos de pesquisa, desenvolvimento pela Fundacentro ou em parceria desta com outras instituições e empresas;
- c) a Fundacentro publicará até 30 de junho de cada ano e comunicará ao órgão regional do MTE, resultados estatísticos do ano anterior.

(Fonte: GONÇALVES, 2000)

## ANEXO II – LIMITES DE EXPOSIÇÃO

<b>Substância</b>	<b>TLV-TWA® (40h/semana)</b>	<b>TLV-STEL *</b>
H <sub>2</sub> S	10 ppm	15 ppm
SO <sub>2</sub>	2 ppm	5 ppm

Fontes: TLVs® e BEIs®(2005)

<b>Substância</b>	<b>TLV-TWA® (40h/semana)</b>
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,2 mg/m <sup>3</sup>

Fonte: TLVs® e BEIs®(2005)

<b>Substância</b>	<b>LTma (48h/semana)</b>
H <sub>2</sub> S	8 ppm
SO <sub>2</sub>	4 ppm

Fonte: Anexo 11, NR-15 (Portaria 3214/1978)

Os LTs (48h/semana) para o H<sub>2</sub>S e o SO<sub>2</sub> podem ser obtidos pela equação de *Brief e Scala* (TORLONI, 2003):

<b>TLV-TWA® (40h/semana)</b>	<b>Equação de <i>Brief e Scala</i></b>	<b>LTma (48h/semana)</b>
10 ppm	Fator multiplicador de correção = 0,78	7,80 ppm
2 ppm		1,56 ppm

\* TLV-STEL: Limite de exposição de curta duração definido como uma exposição média ponderada durante 15 minutos que não pode ser excedida em nenhum momento da jornada de trabalho (TLVs® e BEIs®, 2005 e TORLONI, 2003).

### ANEXO III – FILTROS E RESPIRADORES

	Código	Certificado de aprovação	Indicação	Valvula de exalação	
	8720	445	Poeiras e névoas tóxicas	Não	Classe PFF1 Tamanho Regular e Pequeno Tipo Concha
	8812	5658	Poeiras e névoas tóxicas	Sim	Classe PFF1 Tamanho Regular Tipo Concha
	9312	9913	Poeiras e névoas tóxicas	Sim	Classe PFF1 Tamanho Regular Tipo 3 Painéis
	9910	12888	Poeiras e névoas tóxicas	Não	Classe PFF1 Tamanho Regular Tipo Dobrável
	8516	0000	Poeiras, fumos e névoas, e concentrações até o limite de tolerância de gases ácidos	Sim	Classe PFF2 Tamanho Regular Tipo Concha
Aplicação					Referências
<b>CARTUCHOS QUÍMICOS</b>	Vapores Orgânicos	6001			
	Gases Ácidos	6002			
	Vapores Orgânicos / Gases Ácidos	6003			
	Amônia / Metilamina	6004			
	Formaldeído	6005			
	Vapor de Mercúrio ou Gás Cloro	6009			
	Multigas: Vapores Orgânicos, Cloro, Ácido Clorídrico, Dióxido de Cloro, Dióxido de Enxofre, Sulfeto de Hidrogênio (apenas para fuga), Amônia/Metilamina, Formaldeído ou Fluoreto de Hidrogênio	6006			
	Multigas + P3: Vapores Orgânicos, Cloro, Ácido Clorídrico, Dióxido de Cloro, Dióxido de Enxofre, Sulfeto de Hidrogênio (apenas para fuga), Amônia/Metilamina, Formaldeído ou Fluoreto de Hidrogênio + Filtro de Alta Eficiência contra partículas sólidas	60926			
	Filtro para poeiras, névoas e fumos - Classe P2	2071			
	Filtro para poeiras, névoas e fumos - Classe P2, Fluoreto de Hidrogênio e baixas concentrações de Gases Ácidos	2076HF			
Filtro para poeiras, névoas e fumos - Classe P2 e baixas concentrações de Vapores Orgânicos e Gases Ácidos	2078				
Filtro de Alta Eficiência - Classe P3 para poeiras, névoas, fumos e radionucléidos	2091				
Filtro de Alta Eficiência - Classe P3 para poeiras, névoas, fumos e radionucléidos, e baixas concentrações de Gases Ácidos	2096				
Filtro de Alta Eficiência - Classe P3 para poeiras, névoas, fumos, radionucléidos, e baixas concentrações de Vapores Orgânicos e Ozônio	2097				
Filtro de Alta Eficiência - Classe P3 para poeiras, névoas, fumos e radionucléidos	7093				
Filtros mecânicos para uso simultâneo com cartuchos químicos	5N11 (filtros para partículas não-oleosas - Classe P2)				
<b>FILTROS COMBINADOS</b>					
<b>FILTROS MECÂNICOS</b>					

Fonte: [www.3m.com.br](http://www.3m.com.br)

## 12 LISTA DE REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738:2003, NBR 5739:2004, NBR 6156:1983, NBR 12543:1999, NBR 13696:1996 e NBR 13697:1996.

BARREIROS, Dorival. *Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho*. EPUSP, 2006.

BSI. Sistemas de Gestão de Saúde Ocupacional e Segurança., 1999

COLACIOPPO, Sérgio. *Higiene e toxicologia ocupacional: Metais Pesados*. I Jornada de Toxicologia da Soc. Paulista de Medicina do Trab. e do Dep. Medicina do Trab. da Assoc. Paulista de Medicina – 2001 e *Limites de exposição ocupacional a agentes químicos*. EPUSP, 2006.

ESTON, Sérgio Médici de. *Higiene do Trabalho – Parte A*. EPUSP, 2006.

FANTAZZINI, Mário Luiz. *Higiene do Trabalho – Parte A*. EPUSP, 2006.

FERRAÇO Jr., Darcy e DA SILVA, Alonso Carvalho. *Espaços confinados: a importância da ventilação geral diluidora*. EPUSP, 2006.

FERRÉ, Juan. *Química*. Editora Scipione, 1995.

FERREIRA, Luis Carlos, *Segurança em Laboratorios*, 2005.

GONÇALVES, Edwar Abreu, *Segurança e Medicina do Trabalho em 1200 perguntas e respostas*. 3<sup>a</sup> ed. Editora LTr, 2000 e *Manual de Segurança e Saúde no Trabalho*. 2<sup>a</sup>ed. Editora Ltr, 2003.

I Jornada de Toxicologia da Sociedade Paulista de Medicina do Trabalho e do Departamento de Medicina do Trabalho da Associação Paulista de Medicina – Resumo do Evento - 2001.

JACOSKI, Cláudio A., REGINATTO, Gisele Marilha e MARCO, Fabiane de. *Estudo comparativo entre capeamento de neoprene, enxofre e pasta de cimento para corpos de prova cilíndricos de concreto.* 2001

KULCSAR, Francisco, *Introdução à Ventilação*, EPUSP, 2006

MARTINS, Isarita; MARTINS, Deolinda; HENRIQUE DELLA, Rosa. *O Ambiente e as doenças do trabalho. Saúde Ocupacional e Toxicologia*, EPUSP, 2006.

MURARI, Waldir Favarin. *Técnicas e coleta de exames subsidiários em toxicologia ocupacional.* I Jornada de Toxicologia da Sociedade Paulista de Medicina do Trabalho e do Departamento de Medicina do Trabalho da Associação Paulista de Medicina – 2001.

Química, Instituto de; Manual de Segurança, EPUSP, 2004.

PANDAGGIS, Leônidas Ramos, *Legislação e Normas Técnicas*, EPUSP, 2005.

*Proteção, Revista.*, MPF, jan de 2005, jan, fev e set de 2006.

*Segurança e Medicina do Trabalho.* Manuais de Legislação Atlas, Editora Atlas, 56<sup>a</sup> edição, 2005.

SIMÕES, REINALDO A. G. *Identificação de Perigos e Análise de Riscos – Análise Preliminar de Riscos (APR)*, EPUSP, 2006

*TLVs® e BEIs® Limites de Exposição Ocupacional para Substâncias Químicas e Agentes Físicos e Índices Biológicos de Exposição ACGIH®.* Tradução ABHO 2005.

TORLONI, M. e VIEIRA, A. Vladimir. *Manual de Proteção Respiratória.* São Paulo – 2003.

www.3m.com.br/seguranca acessado em maio de 2007  
www.abimaq.org.br acessado em ago. de 2007  
www.balaska.com.br acessado em ago. de 2007  
www.bracolonline.com.br acessado em ago. de 2007  
www.cdcc.sc.usp.br acessado em fev. de 2007  
www.centraldoepi.com.br acessadodo em ago. de 2007  
www.ceset.unicamp.br acessado em mar. de 2007  
www.christus.com.br acessado em mar. de 2007  
www copebras.com.br acessado em ago. de 2007  
www.dnpm.gov.br acessado em abr. de 2007  
www.draeger.com acessado jun.de 2007  
www.grupobt.com.br acessado em jun de 2007  
www.ibram.com.br acessado em jun. de 2007  
www.elekeiroz.com.br acessado em abril de 2007  
www.higieneocupacional.com.br acessado em abril de 2007  
www.ibram.com.br acessado em jun. de 2007  
www.jankowiski.com.br acessado em jun. de 2007  
www.korper.com.br acessado em jun. de 2007  
www.lfequipamentos.com.br acessado em jun. de 2007  
www.msanet.com.br acessado em maio de 2007  
www.mtecbo.gov.br/ acessado em mar. de 2007  
www.petrobras.com.br acessado em abr. de 2007  
www.pr.gov.br/mineropar/ acessado em mar. de 2007  
www.quiprocura.net acessado em abr. de 2007  
www.raesystems.com acessado jun.de 2007  
www.rc.unesp.br/museudpm acessado em mar. de 2007  
www.rotiv.com.br acessado em jun. de 2007  
www.sobes.org.br acessado em abr. de 2007  
www.solotest.com acessado em abr. de 2007  
www.tabelaperiodica.hpg.ig.com.br acessado em mar. 2007  
www.tecvent.com.br acessado em jun. de 2007

[www.vac-atm.com](http://www.vac-atm.com) acessado em ago. de 2007

[www.wikipedia.org.br](http://www.wikipedia.org.br) acessado em abr. de 2007

## **APÊNDICE I – Ficha de emergência na embalagem do enxofre sólido**

### **FICHA DE EMERGÊNCIA**

**Nome apropriado para embarque: ENXOFRE SÓLIDO**

---

**ASPECTO:** Sólido em escamas, pequenas pedras ou em pó amarelo.

**EPI:** luvas, óculos de protetor facial e máscara para poeiras – tipo P1.

**RISCOS:**

**FOGO:** Combustível, queima facilmente liberando gases tóxicos, pó ou vapores, formam misturas explosivas com o ar com materiais oxidantes.

**SAÚDE:** O enxofre sólido fundido não é tóxico, mas o pó poderá irritar os olhos. Ao queimar gera SO<sub>2</sub> (Dióxido de Enxofre) que é um gás tóxico e irritante, afetando os olhos e aparelho respiratório.

**MEIO AMBIENTE:** O enxofre sólido fundido é inodoro e insolúvel em água. O Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) gerado na combustão do enxofre é nocivo à vida animal e vegetal. As águas residuais do controle do fogo podem causar poluição.

---

### **EM CASO DE ACIDENTE**

**VAZAMENTO:**

- Não esteja sujeito a vazamentos e sim a derrames.
- Avisar imediatamente a Polícia Rodoviária (190), Corpo de Bombeiros (193) e Defesa Civil (199).
- Elimine as fontes de ignição, tais como: cigarro aceso, chamas etc.
- Manter afastado os curiosos. Sinalizar o perigo para o trânsito.
- Providencie a remoção do produto derramado o mais breve possível.

**FOGO:**

- Em pequenos incêndios use o próprio produto ou areia para apagar.
- Em grandes incêndios use água em forma de neblina. Mantenha a favor do vento.
- Utilize máscara facial com filtro químico para SO<sub>2</sub>.

**POLUIÇÃO:**

- Manter a área isolada e evitar que os resíduos penetrem em bueiros, esgotos ou cursos d'água.

**ENVOLVIMENTO DE PESSOAS:**

- No caso de parada respiratória provocada pelos gases de combustão, equipado com a máscara facial com filtro químico para SO<sub>2</sub>, remova a vítima para local arejado, aplique respiração artificial.
- Em caso de contato com o produto, lavar a pele e os olhos com água corrente, durante pelo menos 15 minutos.

**INFORMAÇÕES AO MÉDICO:**

- Enxofre sólido – em caso de contato com a pele: lavar com água, aplicar pomada anestésica na pele.
  - Enxofre sólido – em caso de contato com os olhos: lavagem ocular com soro glicofisiológico e depois colírio anestésico.
- SO<sub>2</sub> – oxigenoterapia, broncodilatadores, descongestionantes, sedativos para tosse e corticóides.
- 

**DADOS DA EMPRESA:**

Nome do fabricante ou importador:

Endereço do fabricante ou importador:

Fone / Fax:

Polícia Militar – 190

Corpo de Bombeiros – 193

Defesa Civil – 199

Fonte: Intercuf Indústria e Comércio Ltda.

## APÊNDICE II – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico

<b>FISPQ</b>	<b>FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS</b>	<b>PRODUTO: ENXOFRE (SÓLIDO / FUNDIDO) EMISSÃO: 26/03/92 REVISÃO: 29/03/2006 Nº FISPQ: 18 Nº REV.: 3 PAG: 1/7</b>
--------------	---	---



### 1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO E DA EMPRESA

- Nome do produto (rótulo): Enxofre ou Enxofre líquido
- Nome em Inglês: Sulfur ou Sulphur
- Nome, endereço e telefone do fornecedor:
- Nome, endereço e telefone de fornecedores desta empresa:

### 2. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÃO SOBRE OS INGREDIENTES

- Nome químico comum ou nome genérico:  
**Enxofre (sólido / líquido)**
- Sinônimos:  
Brimstone; S, Sulfur, Sulphur
- Registro no *Chemical Abstract Service* (CAS Nº): [7704-34-9]

### 3. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

- Perigos e efeitos mais importantes:  
O enxofre não é listado como carcinogênico.  
O maior risco é devido a formação de SO<sub>2</sub> como produto da combustão, que é altamente tóxico, altamente irritante para as mucosas das vias respiratórias.  
O enxofre fundido, devido às impurezas de hidrocarbonetos, libera gás sulfidrico que também é altamente tóxico, mesmo em baixas concentrações.  
O enxofre em pó pode irritar as membranas mucosas do trato respiratório e a parte interna das pálpebras. Para alguns indivíduos, a sensibilização cutânea pode ocorrer devido a repetido contato com o enxofre.

<b>FISPQ</b>	<b>FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS</b>	<b>PRODUTO: ENXOFRE (SÓLIDO / FUNDIDO) EMISSÃO: 26/03/92 REVISÃO: 29/03/2006 Nº FISPQ: 18 Nº REV.: 3 PAG: 2/7</b>
--------------	---	---

- Perigos específicos:

Sólido inflamável (classe 4.1.)

#### **4. MEDIDAS DE PRIMEIROS-SOCORROS**

- Inalação:

H2S - Sulfeto de Hidrogênio / Gás sulfídrico (somente gerado em temperaturas acima de 120°C)

Imediatamente coloque uma máscara autônoma na vítima e remova-a da zona de perigo.

Se o acidentado está inconsciente ou respirando com dificuldade, iniciar uma respiração artificial sem perda de tempo. Notificar imediatamente a segurança e o setor médico.

Em caso de envenenamento, chamar um medico e mantenha o paciente em repouso e sob estreita observação por cerca de 48 horas.

- Contato com a pele:

Retirar as roupas e sapatos contaminados. Lavar as partes atingidas com bastante água e sabão.

Em caso de queimaduras, resfriar imediatamente a parte afetada com água fria. NÃO REMOVER O ENXOFRE. Procurar ajuda médica.

- Contato com os olhos:

Lavar imediatamente com água em abundância pelo menos durante 15 minutos, inclusive sob as pálpebras.

- Ingestão:

Nunca dê nada pela boca, no caso de a vítima estar inconsciente ou convulsionando. Se a vítima estiver consciente, induzir ao vômito. Isto terá melhor efeito após 30 minutos da ingestão. Procurar ajuda médica.

- Informações adicionais:

Em todos os casos, o serviço médico deve ser acionado para tratamento completo, observação, e suporte após os primeiros socorros. Remover qualquer trabalhador que apresente reações alérgicas ao enxofre proveniente de um contato prolongado. Consultar um especialista antes que qualquer trabalhador seja permitido retornar ao trabalho em áreas onde a exposição ao enxofre seja semelhante.

Lentes de contato constituem um risco especial. Lentes gelatinosas podem absorver irritantes e todas as lentes concentram os irritantes. Partículas podem aderir nas lentes de contato e causar danos na córnea. Não utilize lentes de contato em nenhuma área.

<b>FISPQ</b>	<b>FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS</b>	<b>PRODUTO: ENXOFRE (SÓLIDO / FUNDIDO) EMISSÃO: 26/03/92 REVISÃO: 29/03/2006 Nº FISPQ: 18 Nº REV.: 3 PAG: 3/7</b>
--------------	---	---

- Notas para o médico:

Em caso de contato com os olhos - lavagem ocular com soro glico-fisiológico abundante até remover todo o enxofre. Depois, aplicar colírio anestésico.

Dióxido de enxofre: oxigenoterapia, broncodilatadores, descongestionantes, sedativos para tosse, corticoesteróides.

H2S: induzir metahemoglobina com nitrito de amila e nitrato de sódio ou EDTA dicobalto (kelocyanor), se este for disponível. Inalação de nitrito de amila (0,2 ml. - 1 cápsula), durante 30 segundos por minuto. Manter respiração com oxigênio a 100%. Interromper a inalação de nitrito de amila no momento em que se conseguir administrar solução de nitrato de sódio a 3%, 10 ml. EV, 2,5 a 5 ml/minuto (crianças 10 mg./kg.). Assistência respiratória e cardio-respiratória. Mesmo em caso de parada cardíaca deve ser tentada a terapêutica (injeção: intracardíaca de nitrato de sódio).

**IMPORTANTE:** médicos e paramédicos que manipularem o paciente devem cuidar para evitar a inalação próxima ao paciente. Risco de intoxicação por H2S. Recomenda-se ventilação apropriada do local e/ou exaustão.

## 5. MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO

- Perigos de incêndio e explosão:

Apresenta riscos de fogo e explosões. Na forma de poeira pode explodir facilmente, inclusive com eletricidade estática ou atrito, como fontes de ignição. Pode entrar em combustão por calor gerado por atrito.

- Meios de extinção apropriados:

Água em névoa ou neblina, CO2, pó químico seco. Pequenos focos de fogo de enxofre sólido podem ser contidos com areia, terra fina ou puro enxofre como agente de abafamento.

- Procedimentos especiais de combate ao fogo:

O maior risco é devido à formação de SO2 como produto da combustão, que é altamente tóxico. usar proteção respiratória e para os olhos, quando em combate ao fogo.

Deve-se evitar o seu contato com materiais oxidantes com os quais reage quimicamente.

## 6. MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO

- Precauções Pessoais

- Avisar Segurança do Trabalho e Meio Ambiente.

<b>FISPQ</b>	<b>FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS</b>	<b>PRODUTO: ENXOFRE (SÓLIDO / FUNDIDO) EMISSÃO: 26/03/92 REVISÃO: 29/03/2006 Nº FISPQ: 18 Nº REV.: 3 PAG: 4/7</b>
--------------	---	---

- Evacuar o pessoal não essencial, e prover adequada ventilação.
- Cortar as fontes de ignição, evitar centelhas, chamas abertas ou fumar na área de risco.
- Evitar formação de poeira.

- Métodos para limpeza:

Colher material derramado dentro de recipientes adequados para disposição. Pequenos derramamentos secos, recolher com pá limpa ou aspirar cuidadosamente sem criar nuvens de poeira, colocar em recipientes limpos e secos e tampar. Remover os recipientes da área do derramamento para limpar posteriormente. Água aplicada em neblina pode ajudar a resfriar e solidificar derramamentos de enxofre fundido A menos que esteja contaminado, o enxofre sólido pode ser fundido novamente e reutilizado.

- Precauções ao meio ambiente

- Contatar fornecedor ou empresa especializada em remoção e disposição de resíduos, para recomendações detalhadas. Seguir regulamentações federal, estadual e municipal.

## 7. MANUSEIO E ARMAZENAMENTO

- Manuseio:

Evitar o contato com o enxofre, utilizando os equipamentos de proteção indicados. Não comer, beber ou fumar nos locais de manuseio do produto.

- Armazenamento:

- O armazenamento do enxofre sólido pode ser feito a céu aberto, quando em compartimento fechado, é necessário evitar o acúmulo de pó e formação de poeiras suspensas, pois o pó pode formar mistura explosiva com o ar.

- Qualquer fonte de ignição deve ser afastada do local.

- Estocagem com materiais incompatíveis, vide item 10.

Os respiros dos tanques de armazenagem de enxofre fundido devem ser periodicamente revisados para evitar que sejam entupidos.

- Materiais seguros para embalagens:

O material deve ser armazenado em ambientes abertos, e ventilados.

## 8. CONTROLES DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO PESSOAL

- Parâmetros de Controle:

- Enxofre sólido: não há nada específico para o enxofre, o mesmo é tratado como partícula incômoda e seu limite de tolerância é de 10 mg/m<sup>3</sup> (ACGIH®).

<b>FISPQ</b>	<b>FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS</b>	<b>PRODUTO: ENXOFRE (SÓLIDO / FUNDIDO) EMISSÃO: 26/03/92 REVISÃO: 29/03/2006 Nº FISPQ: 18 Nº REV.: 3 PAG: 5/7</b>
--------------	---	---

- Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>): NR 15, Portaria 3.214/78: 4 ppm ou 10 mg/m<sup>3</sup>.
- Gás sulfídrico / sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S): NR 15, Portaria 3.214/78: 8 ppm ou 12 mg/m<sup>3</sup>.
- Equipamento de Proteção Individual Apropriado:
- Enxofre sólido: capacete, óculos de segurança, luvas de pvc e calçado de segurança.
- Enxofre líquido: capacete, protetor facial, luvas de raspa, blusão e calça de raspa e calçado de segurança.
- No caso de emergência, ou situações fora da rotina (limpeza de tanques etc.) deverá utilizar equipamento de respiração autônomo, ou equipamento com ar mandado..

O operador deverá estar alerta para o odor de H<sub>2</sub>S. No caso do odor ser detectado, deverá imediatamente vestir a máscara, avisar os envolvidos na área, bem como avisar à Segurança Industrial.

Se o operador sente o odor e em seguida pára de sentir-lo, não deve supor que o perigo passou e sim proceder como acima e solicitar testes de presença de H<sub>2</sub>S.

- Equipamento de Proteção Coletiva:

No caso de emergência, ou situações fora da rotina (limpeza de tanques etc), manter ventilação forçada, de forma a baixar as concentrações dos contaminantes e manter nível de oxigênio.

Manter chuveiros e lava-olhos no local.

## 9. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

- Estado físico: Sólido em condições normais.
- Líquido, quando aquecido entre 120°C e 140°C..
- Cor: Amarela quando sólido; líquido, existe em várias tonalidades de amarelo.
- Odor: Característico do produto.
- pH: Não disponível
- Temperaturas específicas nas quais ocorrem mudanças de estado físico:
  - Ponto de fusão: 112 °C.
  - Ponto de ebulição: 444,6 °C.
  - Ponto de fulgor: 207,2 °C (T.C.C.).
  - Ponto de ignição: 232,2 °C
- Limites de explosividade: Não especificado para enxofre líquido.
- Pressão de vapor: Não disponível
- Densidade de vapor: Não disponível

<b>FISPQ</b>	<b>FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS</b>	<b>PRODUTO: ENXOFRE (SÓLIDO / FUNDIDO) EMISSÃO: 26/03/92 REVISÃO: 29/03/2006 Nº FISPQ: 18 Nº REV.: 3 PAG: 6/7</b>
--------------	---	---

- Densidade: Sólido - 2,06 (20oC) Líquido - 1,8 (125°C)

- Solubilidade: Insolúvel em água.

Solúvel (20°C) -g/100g do solvente; em sulfeto de carbono (25,0), benzeno (1,7), tolueno (1,7), tetracloreto de carbono (0,6); ligeiramente solúvel em glicol e éter.

Obs.: esses valores são resultados típicos, e portanto não apresentam nenhuma garantia implícita ou explícita sobre o produto.

## 10. ESTABILIDADE E REATIVIDADE

- Condições específicas

O enxofre é considerado estável sob as condições normais de manuseio e armazenamento. Não polimeriza .

- Reações perigosas:

A adição de água ao enxofre sólido pode ocasionar corrosão do aço. O enxofre fundido reage com hidrocarbonetos produzindo H2S.

- Oxidantes (mistura explosiva); Iodetos, brometos, cloretos, perchloreto, nitratos, éter dietílico, hidrocarbonetos, sódio, cálcio, e zinco (possível explosão), alumínio (reação violenta); boro, carbono e flúor (possível ignição).

- Produtos perigosos da decomposição:

A queima do enxofre produz SO2.

## 11. INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

- Toxicidade aguda e efeitos locais:

- Em altas concentrações, a poeira de enxofre afeta o sistema respiratório.

- Dose e Concentração Letal:

H2S:

LCLo - 600 ppm (30 mins.) - humano (inalação).

SO2:

LCLO - 400 ppm/1min. - humano (inalação).

## 12. INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS

- Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto

- O enxofre derramado no solo em contato com a umidade (chuva etc.) torna o solo ácido.

- Em contato com cursos d'água em mananciais altera acidez da água, provocando danos ao meio ambiente.

<b>FISPQ</b>	<b>FICHA DE INFORMAÇÕES DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS</b>	<b>PRODUTO: ENXOFRE (SÓLIDO / FUNDIDO) EMISSÃO: 26/03/92 REVISÃO: 29/03/2006 Nº FISPQ: 18 Nº REV.: 3 PAG: 7/7</b>
--------------	---	---

### **13. CONSIDERAÇÕES SOBRE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO**

- Métodos de tratamento e disposição do produto, resíduos e embalagens usadas:  
Qualquer tratamento de resíduos deve estar de acordo com a regulamentação local e nacional.

### **14. INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE**

- Regulamentações nacionais e internacionais:

Seguir o regulamento para o transporte rodoviário de produtos perigosos conforme decreto no 96044 de 18/05/88 e suas atualizações; Resolução ANTT 420/04 e suas atualizações. Seguir o regulamento para transporte ferroviário de produtos perigosos conforme decreto no 98973 de 21/02/90 e suas atualizações; Resolução ANTT 420/04 e suas atualizações. Seguir o regulamento para transporte de produtos perigosos do Mercosul conforme decreto no 1797 de 25/01/96 e suas atualizações.

### **15. REGULAMENTAÇÕES**

Transportes: seguir item 14.

Consultar legislação nacional e internacional pertinente.

Consultar Normas Brasileiras pertinentes ao produto.

### **16. OUTRAS INFORMAÇÕES**

Referências:

...

Observação:

As informações contidas nesta FISPQ são oferecidas com boa fé e como instrumento de orientação, sem que incorra em responsabilidade expressa ou implícita. Caso haja necessidade de esclarecimento ou informações adicionais, consulte o fabricante.

Fonte: [www.elekeiroz.com.br](http://www.elekeiroz.com.br)