



Curso Básico de Segurança Contra H₂S



Falck

Safety Services

Curso Básico de Segurança Contra H₂S

Macaé, RJ



Falck

Safety Services

ÍNDICE

1.	ORIGEM DO SULFETO DE HIDROGÊNIO	11
1.1.	FONTES NATURAIS	11
1.2.	EMISSÕES DE FONTES INDUSTRIAIS	12
1.3.	DETECÇÃO DO H ₂ S.....	15
1.3.1.	PROPRIEDADES	15
1.3.2.	AVALIAÇÃO DE RISCO	17
1.3.3.	RECOMENDAÇÕES GERAIS E MEDIDAS PREVENTIVAS	17
1.3.4.	MEDIDAS DE CONTROLE.....	20
2.	TOXIDEZ DO SULFETO DE HIDROGÊNIO	20
2.1.	TOXICOCINÉTICA E TOXICODINÂMICA	22
2.1.1.	MEDIDAS DE EMERGÊNCIA	24
2.1.2.	ATENDIMENTOS A VÍTIMA	25
	REFERÊNCIAS	28

REGRAS

REGRAS FALCK

Respeite todos os sinais de advertência, avisos de segurança e instruções;

Roupas soltas, jóias, piercings etc. não devem ser usados durante os exercícios práticos;

Não é permitido o uso de camiseta sem manga, "shorts" ou mini-saias, sendo obrigatório o uso de calças compridas e de calçados fechados;

Terão prioridade de acessar o refeitório, instrutores e assistentes;

Não transite pelas áreas de treinamento sem prévia autorização. Use o EPI nas áreas recomendadas;

Os treinandos são responsáveis por seus valores. Armários com cadeado e chaves estão disponíveis e será avisado quando devem ser usados. A FALCK Safety Services não se responsabiliza por quaisquer perdas ou danos;

O fumo é prejudicial a saúde. Só é permitido fumar em áreas previamente demarcadas;

Indivíduos considerados sob efeito do consumo de álcool ou drogas ilícitas serão desligados do treinamento e reencaminhados ao seu empregador;

Durante as instruções telefones celulares devem ser desligados;

Aconselha-se que as mulheres não façam o uso de sapato de salto fino;

Não são permitidas brincadeiras inconvenientes, empurrões, discussões e discriminação de qualquer natureza;

Os treinandos devem seguir instruções dos funcionários da FALCK durante todo o tempo;

É responsabilidade de todo treinando assegurar a segurança do treinamento dentro das melhores condições possíveis. Condições ou atos inseguros devem ser informados imediatamente aos instrutores;

Fotografias, filmagens ou qualquer imagem de propriedade da empresa, somente poderá ser obtida com prévia autorização;

Gestantes não poderão realizar os treinamentos devido aos exercícios práticos;

Se, por motivo de força maior, for necessário ausentar-se durante o período de treinamento, solicite o formulário específico para autorização de saída. Seu período de ausência será informado ao seu empregador e se extrapolar o limite de 10% da carga horária da Disciplina, será motivo para desligamento;

A Falck Safety Services garante a segurança do transporte dos treinandos durante a permanência na Empresa em veículos por ela designados, não podendo ser responsabilizada em caso de transporte em veículo particular;

Os Certificados/Carteiras serão entregues à Empresa contratante. A entrega ao portador somente mediante prévia autorização da Empresa contratante. Alunos particulares deverão aguardar o resultado das Avaliações e, quando aprovados, receberem a Carteira do Treinamento;

Pessoas que agirem em desacordo com essas regras ou que intencionalmente subtraírem ou danificarem equipamentos serão responsabilizadas e tomadas as providências que o caso venha a exigir.

DIRETRIZES GERAIS DO CURSO

• Quanto à Estruturação do Curso

O candidato, no ato da matrícula, deverá apresentar à instituição que vai ministrar o curso, cópia e o original (para verificação) ou cópia autenticada dos seguintes comprovantes:

- ✓ Atestado de boas condições de saúde física e mental;
- ✓ RG e CPF originais.

• Quanto à Frequência às Aulas

A frequência às aulas e atividades práticas são obrigatórias.

O aluno deverá obter o mínimo de 90% de frequência no total das aulas ministradas no curso.

Para efeito das alíneas descritas acima, será considerada falta: o não comparecimento às aulas, o atraso superior a 10 minutos em relação ao início de qualquer atividade programada ou a saída não autorizada durante o seu desenvolvimento.

- **Quanto à Aprovação no Curso**

Será considerado aprovado o aluno que:

- ✓ Obter nota igual ou superior a 6,0 (seis) em uma escala de 0 a 10 (zero a dez) na avaliação teórica e alcançar o conceito satisfatório nas atividades práticas.
- ✓ Tiver a frequência mínima exigida (90%).

Caso o aluno não cumpra as condições descritas nas alíneas acima, será considerado reprovado.

INTRODUÇÃO

O sulfeto de hidrogênio (H_2S) é um importante ácido derivado do elemento químico enxofre. Esse ácido pode ser obtido pela dissolução do sulfeto de hidrogênio em água. Em verdade, tanto o sulfeto de hidrogênio quanto o ácido sulfídrico possuem a mesma composição química (H_2S), ocorre apenas que o primeiro é um gás responsável pelo odor dos ovos podres) e o segundo está em solução aquosa.

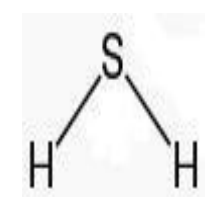
É um gás incolor, de cheiro desagradável característico, extremamente tóxico e mais denso do que o ar. É bastante inflamável e sua temperatura de auto-ignição é de $260^{\circ}C$, enquanto o limite de baixa explosividade é da ordem de 4,3% no ar (em volume).

O H_2S (34,08 g/mol) é ligeiramente mais pesado do que o ar (28,8 g/mol), condensa na forma líquida a temperatura de $-62^{\circ}C$, é parcialmente solúvel em água e compostos orgânicos.

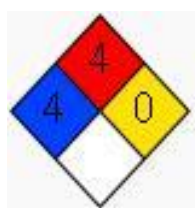
A solubilidade em água a 20°C é de 3850 mg/L (0,385 %). Geralmente, a solubilidade em substâncias orgânicas é maior do que em água. A solubilidade em éter etílico é de 2,1 %, enquanto nos hidrocarbonetos e da ordem de 1,2 %. Comumente, a solubilidade decresce em cerca de 2,5 % para cada grau de aumento da temperatura.

O sulfeto de hidrogênio pode ter origem na natureza e nos segmentos industriais. Na natureza é proveniente dos campos de petróleo e gás natural, das águas subterrâneas, das zonas pantanosas, das jazidas de sal, de carvão, de minérios sulfetados e na emissão de vulcões, ou seja, é originário de processos geológicos baseados em diversos mecanismos físico-químicos ou microbiológicos. Nos segmentos industriais a procedência do H₂S é conhecida, geralmente, é oriunda de processos de remoção química e/ou de lavagens de gases ácidos, de sistemas de tratamento de efluentes, de fermentações, de decapagens ácidas, etc.

O H₂S em sua forma gasosa forma-se a partir da putrefação natural de compostos de origem orgânica que apresentam o elemento químico enxofre em sua composição. É um gás incolor, extremamente tóxico e corrosivo, formado pela presença de dois átomos de hidrogênio para um átomo de enxofre.



Fórmula Molecular



Diamante Hommel



TOXIC



CORROSIVE



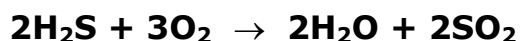
HIGHLY
FLAMMABLE

Pictogramas conforme GHS.

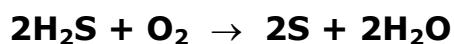
O H₂S é moderadamente solúvel em água e etanol, quando em solução aquosa da origem, conforme já citado, ao ácido sulfídrico, um ácido inorgânico de caráter fraco. Reage com bases fortes, dando origem a sulfetos metálicos. É um agente redutor de poder moderado. Possui vasta aplicação na química analítica, em análises quantitativas, pois precipita metais a partir de sulfetos insolúveis em

meio aquoso, pois o H₂S reage quimicamente com a maioria dos íons de metais pesados, precipitando os sais provenientes.

O H₂S queima-se no ar atmosférico, produzindo o dióxido de enxofre (SO₂) e água, quando a quantidade de oxigênio (O₂) presente é suficiente para uma combustão completa, conforme mostrado abaixo, na qual parte-se de dois mols de H₂S e três mols de O₂.



Quando há carência de O₂, forma-se então SO₂ e enxofre livre. Tendo em vista esse comportamento, a reação química a partir de H₂S em baixa presença de O₂ é utilizada como um dos meios de obtenção do enxofre, conforme equação abaixo, na qual parte-se de dois mols de H₂S e um mol de O₂.



“A geração de H₂S ocorre em diversos segmentos e sua ação tóxica nos seres humanos é conhecida desde o século XVIII, entretanto, passados tantos anos, ainda ocorrem casos de intoxicações inclusive com grande número de mortes. Por outro lado, sua agressividade também é avaliada nos contatos com materiais e equipamentos industriais, resultando, na maioria das vezes, em deteriorações ou fraturas de materiais ferrosos com conseqüências catastróficas.”¹ Entretanto, “de acordo com uma pesquisa realizada pela Peninsula Medical School da Universidade de Exeter & Plymouth, no Reino Unido, o gás está presente naturalmente em nossos corpos – especificamente no líquido sinovial do joelho, reduzindo o atrito entre cartilagem e articulações durante movimentos. Ele pode desempenhar um papel importante da redução da inflamação nas articulações”².

O método laboratorial de obtenção do H₂S mais difundido consiste na reação de deslocamento do sulfidreto do sulfeto de um metal, sob a forma de sulfeto de hidrogênio, com participação do ácido sulfúrico diluído. Em sua fase gasosa, também pode ser obtido a partir do aquecimento de compostos orgânicos sólidos e enxofre.

OBJETIVO

Orientar todo pessoal lotado em unidades operacionais offshore e onshore sobre os riscos do H₂S (sulfeto de hidrogênio) e gás altamente tóxico, informando sobre suas características, efeitos e como combatê-lo em operações realizadas em unidades, onshore e offshore.

LEGISLAÇÃO

NR-06 – Equipamento de Proteção Individual

NR-15 – Atividade e Operações Insalubres (anexo 11)

NR-26 – Sinalização de Segurança

NR-33 - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados

1. ORIGEM DO SULFETO DE HIDROGÊNIO

1.1. FONTES NATURAIS

A geração natural do H₂S, portanto, está relacionada a ambientes geológicos diversos nos quais estejam presentes os componentes necessários e suficientes para o desencadeamento das reações.

Dentre os mecanismos descritos na literatura para geração do H₂S nos campos de petróleo e gás natural destacam-se o mecanismo bacteriano, o termoquímico associado à oxidação de hidrocarbonetos e o termoquímico que compreende a decomposição térmica de matéria orgânica rica em compostos sulfetados.

Os mecanismos de geração de H₂S necessitam de uma fonte de enxofre, tais como:

- sulfato solúvel (SO₄²⁻) em sedimentos marinhos, sulfato de cálcio (CaSO₄) ou
- sulfato de bário (BaSO₄) um mediador como as bactérias ou as elevadas temperaturas de sub-superfície e um agente catalisador cuja presença implicará na velocidade da reação de oxi-redução.

No caso das bactérias redutoras de sulfato (BRS), outros parâmetros como pH, teor de matéria orgânica, salinidade, temperatura e ausência de oxigênio são fundamentais no desenvolvimento do processo de geração de H₂S.

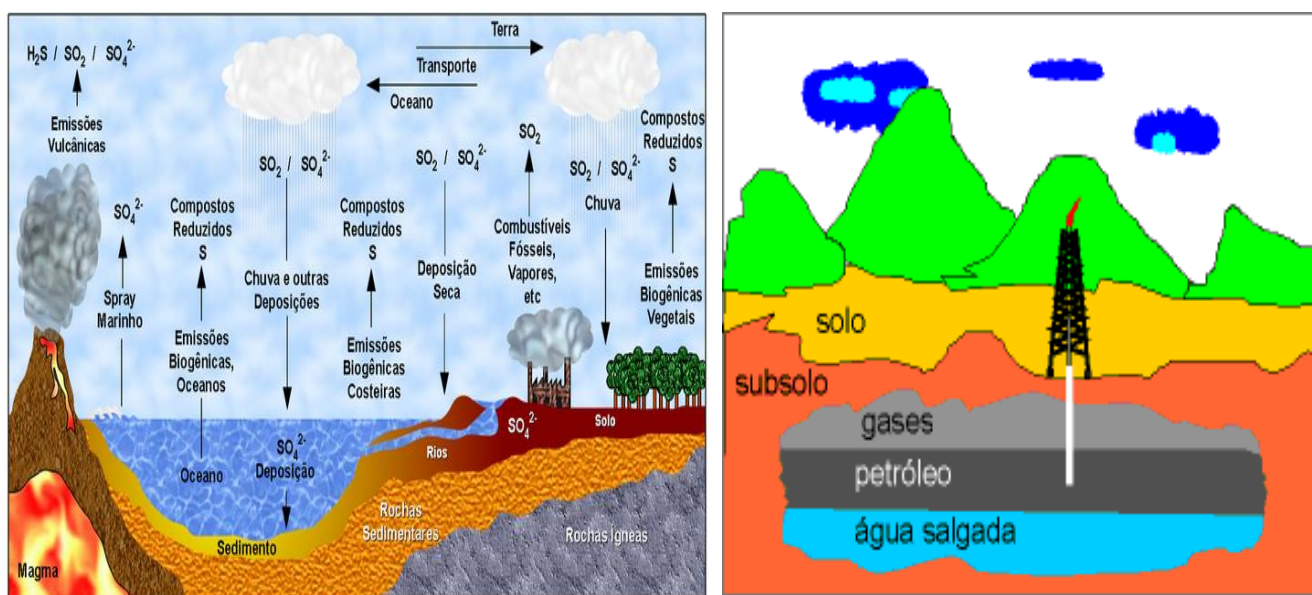
Os volumes gerados de H₂S por estes mecanismos dependem da disponibilidade da fonte e das condições geológicas reinantes. Isto vem indicar que as concentrações de sulfeto de hidrogênio encontradas na natureza são aleatórias e caso haja falha geológica, possivelmente, poderão ocorrer vazamentos, cujas conseqüências são indetermináveis. Este mecanismo pode gerar H₂S que pode variar desde 10 ppm a 100.000 ppm (parte por milhão).

A formação de enxofre e do sulfeto de hidrogênio expelida por um vulcão, pode se explicada pela decomposição térmica e/ou pela vaporização em altas temperaturas de minerais sulfetados (Sulfeto de Ferro - FeS₂, Sulfeto de Cobre -

CuS, Sulfeto de Níquel - NiS, Sulfeto Ferroso Cúprico - CuFeS₂, etc.) conforme mostram as reações, a seguir:

- FeS₂ (alta temperatura) → FeS + S
- FeS₂ + H₂O (alta temperatura) → FeO + H₂S + S

Como exemplos podem ser citadas as diversas erupções ocorridas no complexo vulcânico de Java, Indonésia, em fevereiro de 1979, que resultaram em 149 mortes. As análises químicas destas erupções revelaram ser constituídas de H₂S, CO₂ e SO₂ provenientes da decomposição térmica de alguns minerais existentes no complexo vulcânico como: pirita (FeS₂), esfarelita (ZnS), calcopirita (CuFeS₂), calcita (CaCO₃) entre outros.



1.2. EMISSÕES DE FONTES INDUSTRIAIS

Nos segmentos industriais a procedência do H₂S é conhecida, geralmente, oriunda de processos de remoção química e/ou de lavagens de gases ácidos, de sistemas de tratamento de efluentes, de fermentações, de decapagens ácidas, etc. As reações apresentadas a seguir representam alguns processos de geração de H₂S em diversos segmentos industriais:

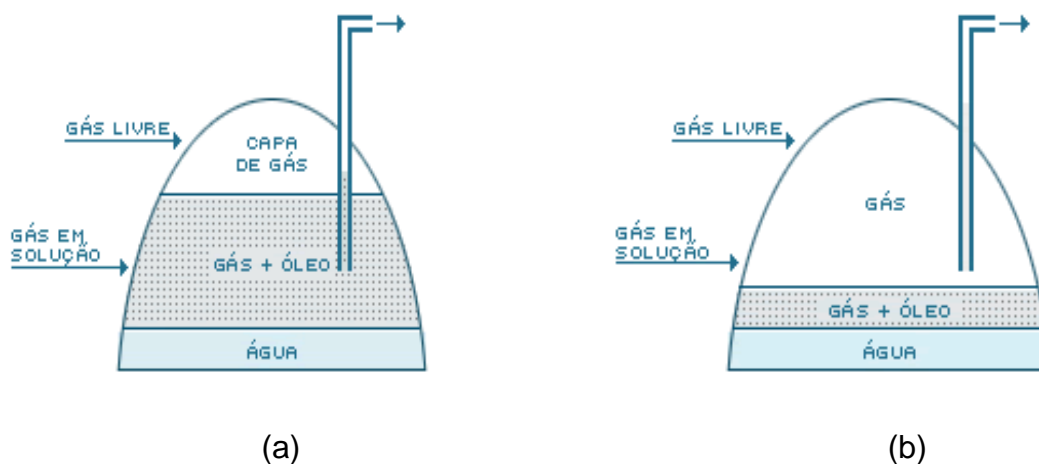
- FeS + 2 HCl → FeCl₂ + H₂S ↑

- $\text{CaS} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$
- $\text{CuS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$
- $4 \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O (vapor)} \rightarrow 3 \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{S} \uparrow$
- $\text{CH}_4 + 4 \text{S (vapor)} \rightarrow \text{CS}_2 + 2 \text{H}_2\text{S} \uparrow$

Conforme referido anteriormente, a geração de H₂S ocorre em diversos segmentos e sua ação tóxica nos seres humanos é conhecida desde o século XVIII, entretanto, passados tantos anos, ainda ocorrem casos de intoxicações inclusive com grande número de mortes. Por outro lado, a agressividade também é avaliada nos contatos com materiais e equipamentos industriais, resultando, na maioria das vezes, em deteriorações ou fraturas de materiais ferrosos com conseqüências catastróficas.

Sabedor destas particularidades e das características físico-químicas do H₂S, o trabalho em questão procura, interdisciplinarmente, reunir todos os vetores que, direta ou indiretamente, estão relacionados com o H₂S e desta forma estabelecer uma gestão direcionada a identificar a relações dos efeitos danosos do sulfeto de hidrogênio ao homem, ao ambiente e aos equipamentos industriais.

A gestão deste empreendimento deve ser baseada no conhecimento dos processos, nas características físico-químicas do H₂S e nos aspectos educacionais, ambientais e sociais.



Formas encontradas do gás natural: (a) gás natural associado; (b) gás natural não-associado (Portal Gás Energia, 2005).

Na zona superior do reservatório, geralmente há uma “capa” de gás rico em metano (CH₄), conhecido como não Gás Associado. Esse gás é composto também por outros hidrocarbonetos (no estado gasoso) e por gases corrosivos, como o gás sulfídrico (H₂S) e o dióxido de carbono (CO₂).

Na indústria do petróleo o H₂S poderá estar presente nos reservatórios de petróleo e nos campos onde há injeção de água do mar.

A contaminação por BRS (bactéria redutora de sulfato) das instalações de superfície – planta de processo e tanques – e também dos oleodutos por estas bactérias aliada a condições favoráveis ao seu desenvolvimento pode resultar em geração de H₂S, como resultado de seu metabolismo.

COMO SE FORMA?

Pode originar-se de várias fontes e muitas vezes é resultante de processos de bio-degradação. Por exemplo, a decomposição de matéria orgânica vegetal e animal. Pode ser resultante de mecanismos de dissolução de sulfetos minerais, da decomposição de compostos orgânicos sulfurados, etc. Outra fonte de H₂S tem sido atribuída a atividade da bactéria redutora de sulfato - BRS, no interior do reservatório.

Condições do tipo: estagnação, anaerobiose (ausência de oxigênio), presença de nutrientes (fontes de enxofre, como o sulfato presente na água produzida e na água do mar) e temperatura adequada ao grupo de bactérias presente no meio favorecem o processo microbiológico. Este processo tende a ser mais intenso onde houver acúmulo de material sedimentável e borras.



Bactérias (BRS)

1.3. DETECÇÃO DO H₂S

Não se pode depender do cheiro para detectar a presença do H₂S porque:

- ✓ Pode-se perder o sentido do olfato em 2 – 15 minutos de exposição a BAIXA concentrações, devido a paralisia do nervo do olfato.
- ✓ O Sentido do olfato é perdido em 60 segundos (ou menos) em ELEVADA concentrações.
- ✓ Irritação nos olhos e garganta;
- ✓ Algumas ferramentas durante o processo iram escurecer.

1.3.1. PROPRIEDADES

- Solúvel em água;
- Queima facilmente, sua chama é azul e produz o SO₂ (dióxido de enxofre);
- É um gás irritante;
- Forma misturas explosivas com o ar (LIE 4,3%) e durante o processo de corrosão, cria uma camada de FeS (Sulfeto ferroso).
- Este fenômeno ocorre com frequência nas superfícies internas de tanques, torres, vasos e tubulações (linhas) em geral;
- Esta escama ao entrar em contato com o ar, pode inflamar-se por auto ignição.
- Soluções que tenham absorvido gás sulfídrico, ao serem aquecidas podem liberar o gás em volumes perigosos;
- O H₂S é altamente corrosivo para os metais;
- Sua toxidez se compara à do Cianureto de hidrogênio, e é mais mortal que o Monóxido de carbono.

ESTADO FÍSICO PHYSICAL STATE	FORMA TYPE	CONCENTRAÇÃO NO AR CONCENTRATION IN THE AIR	FONTES GERADORAS GENERATION SOURCES
GASOSO GASEOUS	GASES GAS	Normalmente alta, pois se mistura totalmente com a atmosfera. Usually high, because it mixes with the atmosphere.	Indústria Petroquímica, química e processos de combustão. Petrochemical, chemical industries and combustion processes.
	VAPORES VAPORS	Em função da temperatura e pressão. According to the temperature and pressure.	Aplicação de solventes, tintas, resinas. Application of solvents, paint, resins.
	NÉVOAS MIST	Produção Mecânica Mechanical Production	Pulverizações Pulverization
LÍQUIDO LIQUID	NEBLINA FOG	Produção por condensação Produced by condensation	Ácidos e bases Acids and bases
SÓLIDO SOLID	POEIRA DUST	Industrial Industrial	Lixamento, esmeril, acabamentos. Sanding, grinding, finishing.
	FUMOS FUMES	Industrial Industrial	Solda e fundição. Welding and casting

EXPOSIÇÃO X TEMPO EXPOSURE X TIME	EFEITO EFFECT
< 30 ppm	Odor de ovo podre Rotten egg smell
Entre 15 a 25 ppm Between 15 and 25 ppm	Queimação nos olhos, dor de cabeça, respiração ofegante, perda do apetite e tonturas Burning in the eyes, headache, fast breathing loss of appetite and dizziness
8 ppm x 8 hs	Nenhum (LT) No effect (TL)
50 ppm x 1 h	Conjuntivite aguda, dores, dores, lacrimejamento, fotofobia Acute conjunctivitis, pain, tearing, photophobia

EXPOSIÇÃO X TEMPO EXPOSURE X TIME	EFEITO EFFECT
50 a 100 ppm x 1 h 50 to 100 x 1 h	Irritação moderada nos olhos e na garganta Moderate irritation in the eyes and throat
200 a 300 ppm x 1 h 200 to 300 ppm x 1 h	Forte irritação, câimbras, queda da pressão sanguínea Strong irritation, cramps, loss of blood pressure
250 ppm exposição prolongada 250 ppm long exposure	Edema pulmonar Pulmonary edema
500 a 700 ppm x 1,5 hs 500 to 700 ppm x 1,5 hs	Inconsciência e morte por parada respiratória Unconsciousness and death due to respiratory arrest
Acima de 1.000 ppm x minutos Above 1.000 ppm x minutes	Coma após um simples respirar, inconsciência e morte por parada respiratória Coma after one single breath, unconsciousness due to respiratory arrest

Obs.: os efeitos toxicológicos dependem da concentração, duração, frequência das exposições e das condições físicas individuais.

- Duração: Corresponde ao período de tempo;

- Freqüência: Corresponde a quantas vezes se ficou exposto;
- Intensidade: Corresponde à dosagem (concentração);
- Susceptibilidade individual: à composição fisiológica.

1.3.2. AVALIAÇÃO DE RISCO

Avaliação de risco é o processo de identificação de perigos em que são feitos análises e classificação dos riscos nas categorias de níveis elevado, médio ou baixo (*toleráveis ou não*) O processo se subdivide em três estágios:

- Identificação de todos os riscos;
 - Avaliação dos riscos;
 - Providências para controlar os riscos.
-
- ✓ LT da NR-15 1 ppm;
 - ✓ LT-VT: 16 ppm;
 - ✓ TWA da ACGIH: 10 ppm;
 - ✓ STEL da ACGIH: 15 ppm
 - ✓ Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais (ACGIH)
 - ✓ Valor limite – Tempo média ponderada (TLV-TWA) A exposição média com base em um 8h/dia, horário de 40h/
 - ✓ Valor limite – limite de exposição de curta duração (TLV-STEL) A exposição de um ponto para uma duração de 15 minutos, que não pode ser repetido mais de 4 vezes por dia, com pelo menos 60 minutos entre os períodos de exposição.

1.3.3. RECOMENDAÇÕES GERAIS E MEDIDAS PREVENTIVAS

- Evitar condições de estagnação de água de produção e água do mar, seja em vasos de pressão, tanques e linhas.

- Manter os sistemas que manuseiam água de produção com a menor quantidade de depósitos possível, através de limpezas mais freqüentes.
- Todo aditivo empregado em sistemas onde haverá pontos de estagnação ou confinamento, não deverá constituir-se de substâncias que possam vir a ser utilizadas como nutriente ou sofrer decomposição.
- Sempre que houver necessidade de drenar para a atmosfera água estagnada, seguir os procedimentos de segurança indicados para uma possível ocorrência de H₂S, especialmente em ambientes confinados.
- Todos os envolvidos nas operações de sistemas de produção, armazenagem e transferência de óleo e água de formação devem conhecer os procedimentos de segurança, operacionais e de emergência utilizados em situações onde há presença de H₂S.
- As instalações deverão estar equipadas com sistema de detecção e alarme, específicos para H₂S, bem como placas indicativas alertando para uma possível exposição ao gás. A localização dos sensores deverá seguir as indicações efetuadas pela análise de risco.
- A concentração do H₂S não deverá ser inferida apenas pelo odor, pois esta indicação não é confiável.
- No caso de alarme de emergência devido a presença de H₂S, o coordenador da emergência deverá observar a direção do vento para escolha dos melhores pontos de reunião.
- A utilização de máscara com filtro químico, tipo Parat II deverá se restringir aos casos em que a atmosfera apresente no mínimo 18% de oxigênio e a concentração de to H₂S não seja superior a 150 ppm. Deverá ser utilizada apenas como máscara de fuga.

- Todas as instalações deverão possuir birutas ou bandeirolas distribuídas pela unidade para facilitar a observação da direção do vento de qualquer ponto da instalação, inclusive à noite.
- Todo trabalho onde existe a possibilidade da presença de H₂S deverá ser executado mediante emissão de PT (permissão para trabalho) emitida pelo supervisor da área e com o endosso do técnico de segurança, observando-se as disposições constantes neste documento.
- Deverão ser realizados treinamentos teóricos sobre H₂S, práticos sobre a utilização dos equipamentos autônomos de respiração e simulados de emergência com H₂S com primeiros socorros para todo o pessoal.
- Deverão ser instalados sensores fixos na sucção dos sistemas de VAC (ventilação e ar condicionado) e dos compressores de ar.
- Garantir que o sistema de ventilação e exaustão esteja operacional e de forma eficiente.
- Criar condições para facilitar a remoção rápida de pessoas intoxicadas dos locais de difícil acesso e da própria instalação.
- Realizar análise de risco para determinar os possíveis locais com presença de H₂S;
- Prever facilidades para a instalação de ventilação forçada, bem como de meios de comunicação em locais confinados.
- Todos os trabalhos em locais onde há possibilidade de ocorrência de H₂S deverão ser executados com a presença de pelo menos duas pessoas.
- Como o H₂S tende a se acumular nos pontos mais baixos de uma instalação, é necessário intensificar os cuidados nestes locais.
- Incluir nos "briefing" de segurança e diálogos diários ou periódicos (DDS) os aspectos relativos a segurança em operações onde possa haver a presença de H₂S.

1.3.4. MEDIDAS DE CONTROLE

- Monitores/detectores - fixos, portáteis;
- Plano de contingência;
- Treinamento, simulado;
- Uso de proteção respiratória;
- Equipes de resgate;
- Localização do equipamento de emergência.

2. TOXIDEZ DO SULFETO DE HIDROGÊNIO

O sulfeto de hidrogênio devido a sua toxidez é capaz de irritar os olhos e/ou atuar no sistema nervoso e respiratório dos seres humanos e, dependendo da concentração, pode matar um ser humano em questão de minutos.

Quando se respira, o H₂S penetra pelos pulmões e alcança a corrente sanguínea. Rapidamente o sistema de proteção oxida o H₂S, transformando-o em um produto praticamente inócuo na corrente sanguínea; mas também pode reagir com enzimas essenciais que contêm elementos metálicos, como o cobre, o zinco e o ferro formando sulfetos metálicos, e, conseqüentemente, acarretando a perda de sensibilidades importantes na vida do homem. Entretanto, à medida que a concentração de H₂S aumenta rapidamente, o organismo não consegue oxidá-lo totalmente, e então, o excesso de H₂S age no centro nervoso do cérebro que comanda a respiração, resultando na paralisação do sistema respiratório. Os pulmões param de trabalhar e a pessoa se asfixia e acaba morrendo.

A literatura não é clara sobre os efeitos da exposição controlada de baixas concentrações de sulfeto de hidrogênio, se é cumulativa ou não, e, se os efeitos são completamente reversíveis. A exposição aguda é usualmente rápida e completa e as sequelas resultantes podem ser irreversíveis. Segundo Goodman & Gilman (1987), apesar do seu odor característico e desagradável, o H₂S em teores acima de 150 ppm provoca a perda da sensação de odor, que é devido à fadiga do sistema olfatório sensível pela destruição dos nervos (neuroepitélio olfatório) responsáveis por esta função.

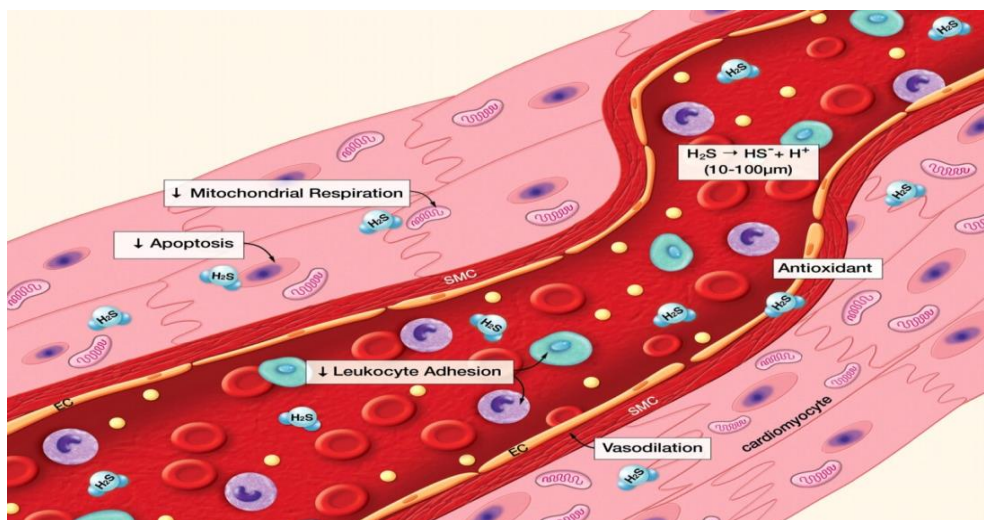
Considerando os aspectos extremamente tóxicos do H₂S, é importante que todo pessoal envolvido no processamento industrial esteja suficientemente informado sobre os riscos apresentados na Tabela I, bem como esteja adequadamente treinado para, em caso de emergência, prestar a assistência necessária. Além disso, é fundamental que os equipamentos de proteção individual como máscaras com filtros especiais para H₂S e/ou com suprimento portátil de ar (oxigênio) estejam prontamente disponíveis.

NOME COMUM COMMON NAME	FÓRMULA QUÍMICA CHEMICAL FORMULA	LIMITE DE TOLERÂNCIA PARA 08H TRABALHO 8-HOUR-WORK TOLERANCE LIMIT	LIMITE PERIGOSO HAZARDOUS LIMIT	CONCENTRAÇÃO LETAL LETHAL CONCENTRATION
Cianeto de Hidrogênio Hydrogen Cyanide	H ₂ CN	10ppm	150ppm/1hour	300ppm
Sulfeto de Hidrogênio Hydrogen Sulfide	H ₂ S	8ppm	250ppm/1hour	600ppm
Dióxido de Enxofre Sulfur dioxide	SO ₂	4ppm		1000ppm
Monóxido de Carbono Carbon Monoxide	CO	39ppm	450ppm/1hour	1000ppm
Cloro Chlorine	Cl ₂	0,8ppm	4ppm/1hour	1000ppm
Dióxido de Carbono Carbon Dioxide	CO ₂	3900ppm	5% (*)	10(*)

2.1. TOXICOCINÉTICA E TOXICODINÂMICA

O H₂S inibe enzimas que contêm metais essenciais como ferro (Fe) e cobre (Cu). Destaca-se a inibição da citocromoxidase, levando a bloqueio da respiração celular no interior das células. O H₂S forma sulfetos metálicos (citocromoxidase-sulfeto), pela reação com o ferro trivalente (Fe³⁺) desta enzima. Em consequência, há um bloqueio na troca de elétrons na cadeia respiratória, o oxigênio não é consumido e não há produção de energia.

O H₂S interage com a metemoglobina, formando o complexo sulfometemoglobina. Combina-se também em pequena proporção com a hemoglobina, formando sulfhemoglobina.



❖ Exposição aguda

O H₂S é um gás volátil, e a principal via de penetração é a respiratória. Experimentos com animais de laboratório mostraram absorção através da pele; contudo, no homem, a absorção por essa via é discutida.

- No nível dos alvéolos pulmonares:
 - ✓ o H₂S solubiliza-se no líquido surfactante que cobre a superfície das células, ocorrendo reação com compostos básicos presentes no tecido. Durante a solubilização ocorre a hidrólise. A forma ionizada (H⁺) tem caráter ácido, enquanto que a forma

molecular (H₂S) é lipossolúvel e atravessa facilmente a membrana alvéolo capilar, que tem uma composição lipídica. A partir desse ponto, o H₂S atinge a corrente sanguínea, distribuindo-se para todo o organismo, produzindo efeitos sistêmicos.

- No nível do sistema nervoso central:
 - ✓ a excitação seguida de depressão, particularmente no centro respiratório causa fraqueza, dor de cabeça, náusea, vômito, hiperexcitabilidade, alucinações, amnésia, irritabilidade, delírio, sonolência, fraqueza, convulsões e morte.
- No nível do sistema respiratório:
 - ✓ tosse, às vezes expectoração sanguinolenta, polipnéia (respiração rápida), espasmo brônquico, às vezes edema agudo de pulmão, traqueobronquite, broncopneumonia tardia, rinite com anosmia (perda do olfato).
- No nível cardiovascular acontece hipotensão, arritmias (taquicardia, bradicardia, fibrilação atrial).
- A perda do olfato resulta da interação do H₂S com o zinco (Zn), que é importante nas reações de percepção do olfato. A fadiga olfatória ocorre em 2 a 15 minutos, em concentrações acima de 100 ppm. Desta forma, o odor do H₂S não é parâmetro seguro para se avaliarem concentrações perigosas. A ação irritante do H₂S sobre a pele e as mucosas gastrointestinal decorre da formação de sulfeto de sódio, surgindo prurido (coceira), queimação e hiperemia (vermelhidão).
- Nos olhos surgem conjuntivite, fotofobia, lacrimejamento e opacificação da córnea.
- No aparelho digestivo, o H₂S irrita a mucosa gastrointestinal e produz náusea e vômito.

A biotransformação do H₂S ocorre muito rapidamente e envolve em parte reações de oxidação pela hemoglobina oxigenada e por enzimas hepáticas, formando sulfatos e tiosulfatos que são eliminados pela urina e pelas fezes.

Quando este mecanismo de desintoxicação é insuficiente, como ocorre em exposição a concentrações muito elevadas, acima de 700 ppm, o H₂S é eliminado inalterado no ar expirado.

Alguns estudos mostraram uma maior incidência de conjuntivite e queratoconjuntivites na exposição noturna.

❖ **Exposição crônica**

Não existe concordância na literatura quanto a efeitos na exposição crônica ao H₂S, e o tema é discutível, devido à sua rápida biotransformação.

Contudo, estudos mostram a possível ocorrência de efeitos sistêmicos a exemplo de alterações neurológicas, distúrbios neurovegetativos, polineurites, vertigem, dor de cabeça, nervosismo, paralisia e fraquezas.

Taxas elevadas de abortamento foram encontradas em mulheres grávidas expostas ao H₂S; distúrbios digestivos, como perda do apetite, perda de peso e náuseas.

Efeitos locais a exemplo de conjuntivite, inflamação das vias aéreas superiores, bronquite crônica, conjuntivite e queratoconjuntivite também foram notados.

2.1.1. MEDIDAS DE EMERGÊNCIA

Cada minuto é vital para reverter o quadro da vítima e que apenas o exame sanguíneos é o único método para confirmar exposição a concentrações elevadas de H₂S . Por isso após os primeiros atendimentos emergenciais, dependendo do quadro clínico apresentado pela vítima, é aconselhável o quanto antes acionar o apoio médico para assim remove-la para tratamento onshore.

As primeiras medidas de atendimento irão consistir na restauração e manutenção da via aérea, ventilação e circulação (A, B, C).

2.1.2. ATENDIMENTOS A VÍTIMA

O enfermeiro Offshore deve atender a vítima, trazida pela equipe de resgate, em local seguro. Certificando-se sobre as concentrações de oxigênio aceitáveis para sua própria segurança e da vítima. Na incerteza da segurança do lugar, colocar equipamento de respiração antes de iniciar o atendimento. Você pode se tornar uma vítima!

Realizar manobras de ressuscitação cardiopulmonar, se necessário.

Nos casos de inalação e, na vigência de sinais e sintomas de envenenamento sistêmico, adotar Oxigênio a 100% umidificado. A oxigenioterapia pode diminuir os efeitos tóxicos do H₂S.

Inalação do conteúdo de uma ampola de nitrito de amilo embebido em algodão, lenço ou qualquer tecido durante 30 segundos. Pode-se repetir a cada minuto, durante 5 minutos. A inalação do nitrito de amilo deverá ser suspensa quando se iniciar o nitrito de sódio.

❖ **Ação do medicamento**

- Reduz o trabalho cardíaco e as necessidades de oxigênio.
- Estimula a respiração por ação nos quimiorreceptores do seio carotídeo.
- Rapidamente absorvido, ganha a corrente sanguínea onde transforma a hemoglobina em metemoglobina, que compete com a citocromoxidase pelos íons sulfeto, formando sulfometemoglobina, recuperando a citocromoxidase.
- Melhora o espasmo (constricção) dos brônquios e previne o espasmo das coronárias.
- Administração venosa de 10 mL de nitrito de sódio a 3%, o mais brevemente possível, lentamente, no período de 3 minutos.
- É também um agente formador de metemoglobina, que protege a citocromoxidase, prevenindo a anóxia (baixa oxigenação).

- Formação de tiosulfatos, que são eliminados na urina. A ação antidotal do nitrito de sódio é atribuída à competição pelos sulfetos livres entre os tecidos, à citocromoxidase e à metemoglobina circulante, formando o composto sulfometemoglobina, que lentamente libera os sulfetos para processos de metabolização endógena.
- A citocromoxidase liberada reativa o metabolismo aeróbico.
- A eficácia da terapia com nitritos é controversa; contudo, eles têm sido empregados com sucesso em intoxicações severas e o benefício advém da prevenção da anóxia severa ao converterem a hemoglobina em metemoglobina, preservando a citocromoxidase.

A efetiva ação do medicamento ocorre quando ele é utilizado alguns minutos após a exposição.

❖ **Tratamento das complicações**

- convulsões (com diazepam, fenitoína ou fenobarbital).
- edema agudo dos pulmões, arritmias, hipotensão (com dopamina ou norepinefrina) e parada cardiorespiratória.
- No casos de contato com a pele:
 - ✓ Lavagem abundante durante 15 minutos, usar soluções fisiológicas (soro) e anestésicos.
- ✓ No contato com os olhos:
 - ✓ Lavagem abundante com soro fisiológico por 15 minutos, usar solução de ácido bórico ou solução fisiológica isotônica. Encaminhar ao oftalmologista, se indicado.

❖ **Observações secundárias**

- Atentar para os sinais de intoxicação apresentado pela mesma.

- Coletar informações sobre o tempo de exposição e local ocorrido. A quantidade de tempo ao qual ocorreu o funcionário foi exposto ao H₂S é um fator importantíssimo para um melhor atendimento.
- Assegurar junto ao restante da equipe de SMS da plataforma que outros funcionários não estão sendo expostos, para não tornarem possíveis vítimas.

Atenção: Caso necessário evitar desfibrilar a vítima em locais com concentração elevada de H₂S devido ao risco de explosão.

REFERÊNCIAS

- http://adm.aedb.br/seget/artigos05/261_H2S.pdf
- <http://cienciadiaria.com.br/Medicina>
- SARDELLA, Antônio; MATEUS, Edegar; Curso de Química: química geral, Ed. Ática, São Paulo/SP – 1995.
- MAHAN, Bruce M.; MYERS, Rollie J.; Química: um curso universitário, Ed. Edgard Blucher LTDA, São Paulo/SP – 2002.