

RENATA SARMENTO PEIXOTO MEDEIROS

**CONHECIMENTO DO GÁS SULFÍDRICO EM UM DETERMINADO
CAMPO DE PETRÓLEO**

**EPMI
TRM/HO-2010
M467c**

**São Paulo
2010**

RENATA SARMENTO PEIXOTO MEDEIROS

**CONHECIMENTO DO GÁS SULFÍDRICO EM UM DETERMINADO
CAMPO DE PETRÓLEO**

Trabalho de conclusão de treinamento em
Higiene Ocupacional da Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo no ano de
2008.

São Paulo

2010

RESUMO

Por estarem informadas que o gás sulfídrico (H_2S) é altamente tóxico, podendo levar a pessoa exposta a determinadas concentrações à morte, a possibilidade da presença deste gás em um campo de produção de óleo deixou os trabalhadores e as comunidades circunvizinhas atentas para casos de ocorrências de anormalidades, despertando a necessidade de um estudo mais aprofundado para ampliar o conhecimento das pessoas envolvidas em relação a este gás nestas instalações. Neste trabalho foi pesquisado desde a formação do gás sulfídrico no campo de petróleo, até a exposição de um grupo de trabalhadores julgado como o mais exposto a este agente. Fazendo também parte da pesquisa as principais características do gás, os efeitos fisiológicos que podem ser gerados ao homem, o funcionamento do sistema respiratório, exemplos de incidentes e mortes relacionados com a exposição ao gás, além do monitoramento, a análise dos dados e a conclusão. Foi verificado que a origem do gás no campo estudado tem relação com a injeção de água do mar realizada no passado. Foi possível saber que, apesar de o cheiro do H_2S ser forte e bastante característico, ele só é detectado quando possui baixas concentrações do gás no ambiente. Em altas concentrações o sentido do olfato é inibido e o cheiro não é mais percebido podendo gerar uma falsa sensação de segurança no trabalhador. Um grupo de trabalhadores julgado como o mais exposto foi avaliado e foi concluído que a exposição não ultrapassou o Limite de Tolerância. Porém, em alguns momentos, as exposições chegaram a valores muito acima do valor permitido para o Limite de Exposição - Valor Máximo, o que indica não-conformidade. Medidas de controle imediatas foram realizadas e outras medidas foram propostas para a eliminação ou minimização da exposição do homem ao agente químico estudado. O melhor conhecimento deste gás, sua formação, características, sua relação com a saúde do homem e as medidas de controle fez com que o trabalho passasse a ser executado com segurança e as comunidades se sentissem mais protegidas e proporcionou mais tranquilidade para a força de trabalho desempenhar suas atividades, sabendo que sua saúde está sendo preservada.

Palavras-chave: Petróleo. Gás Sulfídrico. Sulfeto de Hidrogênio. H_2S . Exposição.

ABSTRACT

By being informed that sulphidric gas (H_2S) is highly toxic, bearing the potential to be fatal when a person is exposed to certain concentration levels, the possible presence of such gas in oil production field resulted in workers and neighboring communities vigilant for cases of occurrence of abnormalities, raising the necessity for a deeper study aimed at raising awareness about this gas on the people involved.

In this project, sulphidric gas was studied from its formation in the petroleum field throughout the exposition of a group of workers to it, being those workers considered the most exposed to this agent. Furthermore, the research included the characteristics of the gas, the possible physiological effects on men, and the dynamics of the respiratory system, examples of incidents and deaths related to exposition to this gas, besides monitoring, data analysis and conclusions. It was verified that the origin of that gas in the studied field is related to the injection of sea water realized in the past. It was possible to know that despite its strong and very characteristic smell, H_2S is only detected when identified in low concentration levels in a certain environment. When in high concentration levels, the sense of smell is impaired and the gas can no longer be noticed could generate a false sense of security worker. A group of workers considered the most exposed group was evaluated and was concluded that the exposition does not exceed the Tolerance Threshold – Arithmetic Mean. Although at some points the expositions reached a value above the value allowed for Exposition Threshold – Maximum Value, which indicates non-conformity. Immediate control measures were undertaken and other measures were proposed to eliminate or minimize exposure of man to the chemical agent studied. A better knowledge of this gas, its formation, characteristics, its relationship to human health and the control measures allowed to work began to be performed safely and communities feel more protected and brought more calm to the workforce perform their activities, knowing that their health is being preserved.

Key words: Petroleum. Sulphidric gas. Hydrogen sulphide. H_2S . Exposition.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Análises elementares aproximadas produzidas por óleos obtidos de diferentes reservatórios de petróleo.....	18
Figura 2 - Gás production	23
Figura 3 - Efeitos referentes ao tempo de exposição a determinadas concentrações de H ₂ S.....	27
Figura 4 - Valores do fator de desvio FD em função do valor do LTma.....	35
Figura 5 - Árvore de Natal de um Poço	42
Figura 6 - Fechamento do anular e Manobra de válvulas.....	45
Figura 7 - Abertura do dreno.....	45
Figura 8 - Abertura da câmara e introdução do PIG.....	46
Figura 9 - Fechamento da Câmara e manobras para encaminhamento do PIG... .	46
Figura 10 - Despressurização e Abertura da Câmara de PIG.....	47
Figura 11 - Abertura da Câmara e Recuperação do PIG.....	48
Figura 12 - Lista de números para sorteio aleatório.....	50
Figura 13 - Análise Preliminar de Riscos em Higiene Ocupacional	56
Figura 14 - Informação dos dias monitorados.....	58
Figura 15 - Comparação dos valores medidos com os limites de tolerância	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AIHA	American Industrial Hygiene Association
APR-HO	Análise preliminar de Riscos em Higiene Ocupacional
BRS	Bactérias Redutoras de Sulfato
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FD	Fator de Desvio
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
H ₂ S	Gás Sulfídrico, Sulfeto de Hidrogênio
IDHL	Immediately Dangerous To Life or Health Concentration
IPVS	Imediatamente Perigosa a Vida ou a Saúde
LCI	Limite de Confiança Inferior
LCS	Limite de Confiança Superior
LE	Limite de Exposição
LT	Limite de Tolerância
LTce	Limite de Tolerância Curta Exposição
LTvt	Limite de Tolerância Valor Teto
LTma	Limite de Tolerância Média Aritimética
LTmp	Limite de Tolerância Média Ponderada
NA	Nível de Ação
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NR	Normas Regulamentadoras
PPM	Partes Por Milhão
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
TLVs	Threshold Limit Values
TLV-C	Threshold Limit Value – Ceiling
TLV-TWA	Threshold Limit Value – Time Weighted Average
TLV-STEL	Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit
V _{máx}	Valor Máximo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 CONHECIMENTOS SOBRE O PETRÓLEO	16
2.1.1 Origem do petróleo	16
2.1.2 Migração do petróleo	16
2.1.3 Petróleo no Brasil	17
2.1.4 Constituintes do petróleo	17
2.1.5 Poço de petróleo	19
2.2 CONHECIMENTOS SOBRE O GÁS SULFÍDRICO (H ₂ S)	19
2.2.1 Origem do H ₂ S	19
2.2.2 H ₂ S no ambiente	23
2.2.3 Entrada e saída de H ₂ S no corpo humano	24
2.2.4 Características e efeitos fisiológicos do H ₂ S	24
2.2.5 Efeitos do H ₂ S à saúde	25
2.2.6 Casos de mortes e outros incidentes associados ao H ₂ S	28
2.3 CONHECIMENTOS SOBRE O SISTEMA RESPIRATÓRIO	31
2.3.1 Estrutura do sistema respiratório	31
2.3.2 Mecanismo de defesa aos materiais inalados	31
2.3.3 Exposição a Agentes Químicos	32
2.3.4 Contaminantes Gasosos	33
2.4 CONCEITOS REFERENTES À HIGIENE OCUPACIONAL	33
2.4.1 Limites de exposição ocupacional a agentes químicos	33
2.4.1.1 LIMITES DE TOLERÂNCIA	33

2.4.1.1.1 Limites de tolerância segundo a NR-15	34
2.4.1.1.2 Limites de tolerância segundo A ACGIH.....	35
2.4.1.2 NÍVEL DE AÇÃO (NA)	37
3 MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 CONSTATAÇÃO DA PRESENÇA DE H ₂ S NO CAMPO ESTUDADO	38
3.2 OBTENÇÃO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO CAMPO.....	38
3.3 CONHECIMENTO DA EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES	39
3.4 ESCOLHA DO GRUPO ESTUDADO	39
3.5 DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELO GHE ESTUDADO NO LOCAL COM POSSIBILIDADE DE EXPOSIÇÃO AO H ₂ S	42
3.5.1 Colocação de PIG.....	44
3.5.2 Recuperação de PIG	47
3.6 SORTEIO DOS DIAS A SEREM MONITORADOS.....	48
3.7 EQUIPAMENTO UTILIZADO.....	51
3.8 TIPOS DE AMOSTRAS DO AGENTE AMBIENTAL.....	51
3.9 FORMA AMOSTRAL UTILIZADA.....	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.1 RESULTADOS INICIAIS RELATIVOS À PRESENÇA DE H ₂ S NO CAMPO ESTUDADO	53
4.2 RESULTADO DA PESQUISA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO CAMPO DE PETRÓLEO ESTUDADO	54
4.3 RESULTADO DA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO DA ATIVIDADE AVALIADA	55
4.4 RESULTADO DO SORTEIO ALEATÓRIO	57
4.5 RESULTADO DO MONITORAMENTO	58
5 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

A indústria do petróleo possui características bastante diversificadas, o que torna o trabalho de higiene ocupacional bastante complexo. Existem atividades relacionadas à exploração, perfuração, produção, transporte, refino e distribuição dos produtos finais, cada uma destas áreas possui um conjunto diferenciado de riscos e agentes ambientais envolvidos.

Gases e vapores são exemplos de agentes ambientais existentes na indústria de petróleo.

O gás sulfídrico está presente em algumas reservas de petróleo, onde ocorreram condições favoráveis para o aparecimento deste gás dentre os compostos presentes no óleo existente nestas reservas.

Este gás, além de provocar sérios problemas à saúde do homem, tem alto poder corrosivo, podendo causar severos danos a equipamentos utilizados na perfuração e produção, deposição de sulfeto de ferro, redução da produtividade dos poços devido ao possível plugueamento de poços injetores e produtores, dentre outros problemas indesejáveis.

Uma das formas de prevenir a doença ocupacional é verificando quais os riscos potenciais a saúde do homem, reconhecê-los, avaliá-los e tomar as medidas de controle necessárias para evitar as exposições inadequadas a agentes ambientais visando à preservação da saúde do trabalhador e das comunidades circunvizinhas. Foi com este intuito que foi decidido estudar sobre o tema proposto.

É importante que as empresas invistam em treinamentos e informações para a força de trabalho e para as comunidades que circundam as suas instalações. Sendo assim, os trabalhadores e as comunidades, sabendo da existência destes riscos potenciais à saúde do homem, ficam atentos a alguma anormalidade que possa vir a ocorrer no ambiente que trabalham e vivem, respectivamente.

Os questionamentos sobre possíveis exposições podem ou não ser pertinentes, por isto, é importante que sejam devidamente investigados e que os trabalhadores e a comunidade sejam informados também sobre os resultados da pesquisa, e, se necessário for, que eles sejam devidamente protegidos e orientados.

Este trabalho cita seus objetivos e a justificativa, que informa a motivação para a escolha do tema, e contém um item sobre a revisão da literatura, um sobre os materiais e métodos utilizados na pesquisa, outro sobre os resultados e discussão e outro sobre a conclusão, cada qual com seus subitens. Em seguida são informadas as referências dos documentos consultados para seu desenvolvimento.

O item sobre a revisão da literatura contempla conhecimentos sobre o petróleo, sobre o gás sulfídrico, sobre o sistema respiratório e sobre a higiene ocupacional.

Em Materiais e Métodos é informado como aconteceu a constatação da presença de H_2S no campo estudado, como foi realizada a obtenção das principais características do campo, como a exposição dos trabalhadores foi conhecida, como ocorreu a escolha do grupo estudado, possui a descrição da atividade desenvolvida pelo grupo homogêneo de exposição ao risco (GHE) estudado no local com possibilidade de exposição ao H_2S , explica como foi realizado o sorteio dos dias monitorados, descreve o equipamento utilizado durante os monitoramentos, os tipos de amostras do agente ambiental e a forma amostral utilizada.

Posteriormente são apresentados resultados e discussões relativos à presença de H_2S no campo estudado, à pesquisa sobre as características do campo de petróleo estudado, à análise preliminar de risco da atividade avaliada, ao sorteio aleatório dos dias monitorados e ao monitoramento.

Finalmente, o último item apresenta as conclusões do estudo de caso, que dentre outras informações, comunica que os objetivos propostos no trabalho foram atingidos.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho buscou ampliar o conhecimento sobre o gás sulfídrico (H_2S), inclusive sua relação com um determinado Campo de Petróleo.

Os objetivos específicos foram:

- a) saber qual o principal motivo da origem do H_2S no Campo estudado;
- b) conhecer como o gás sulfídrico pode afetar a saúde das pessoas que se expõem a ele;

- c) conhecer qual o comportamento do H_2S no ambiente e a relação do tempo de exposição a este gás e sua concentração com a saúde do homem;
- d) saber como a comunidade é atingida pelo gás sulfídrico produzido no campo;
- e) avaliar qual a exposição de um grupo de trabalhadores julgado como um dos mais expostos do Campo estudado ao gás;
- f) Sugerir medidas de controle que podem ser adotadas para a preservação da saúde do homem e bem-estar da população.

1.2 JUSTIFICATIVA

A motivação para a escolha do tema ocorreu porque haviam muitas queixas tanto da comunidade em torno das instalações quanto dos empregados, devido ao forte cheiro de “ovos podres”, que é uma característica do H_2S .

Como existe este gás no óleo que é retirado da formação neste campo, foram realizadas algumas medições no fluido e em torno de alguns poços e foram encontrados valores significativos deste gás.

Os trabalhadores e comunidades foram informados a respeito dos riscos que a exposição a este gás poderia gerar e receberam algumas instruções preventivas, o que despertou temor tanto nos trabalhadores, quanto na comunidade e nos gestores de diversos setores que realizavam atividades neste campo.

Então sentimos a necessidade de conhecermos melhor este gás, sua formação, características, sua relação com a saúde do homem e as medidas de controle para que o trabalho fosse executado com segurança e as comunidades estivessem protegidas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CONHECIMENTOS SOBRE O PETRÓLEO

2.1.1 Origem do petróleo

O petróleo tem origem a partir da matéria orgânica depositada junto com os sedimentos em condições termoquímicas apropriadas. A interação destes fatores é fundamental para o início da cadeia de processos que leva a formação do petróleo. A matéria orgânica marinha é basicamente originada de microorganismos e algas que formam o fitoplâncton e não pode sofrer processos de oxidação. A necessidade de condições não oxidantes pressupõe um ambiente de deposição composto de sedimentos de baixa permeabilidade, inibidor da ação da água circulante em seu interior. A matéria orgânica proveniente de vegetais superiores também pode dar origem ao petróleo, porém, o meio oxidante onde vivem torna sua preservação mais difícil (THOMAS, 2004).

2.1.2 Migração do petróleo

Para se ter uma acumulação de petróleo, é necessária a sua migração após o processo de geração, e que esta tenha seu caminho interrompido pela existência de algum tipo de armadilha geológica. A não contenção do petróleo em sua migração, permitiria seu percurso continuado em busca de zonas de menor pressão até se perder através de exsudações, oxidação e degradação bacteriana na superfície (THOMAS, 2004).

A expulsão do petróleo da rocha onde foi gerado dá-se o nome de migração primária. Ao percurso ao longo de sua rocha porosa e permeável até ser

interceptado e contido por uma armadilha geológica dá-se o nome de migração secundária (THOMAS, 2004).

2.1.3 Petróleo no Brasil

A história do petróleo no Brasil começou em 1858, quando o Marquês de Olinda assinou o decreto nº 2.266, que concedeu a José Carlos Pimentel o direito de extrair mineral betuminoso para fabricação de querosene na então província da Bahia. No ano seguinte, durante a construção da Estrada de Ferro Leste Brasileiro, o inglês Samuel Allport observou o gotejamento de óleo em Lobato, no subúrbio de Salvador (THOMAS, 2004).

Até o final de 1939 aproximadamente 80 poços tinham sido perfurados. Porém, o primeiro campo comercial foi descoberto somente em 1941, em Candeias, BA (THOMAS, 2004).

2.1.4 Constituintes do petróleo

O petróleo é constituído, basicamente, por uma mistura de compostos químicos orgânicos (hidrocarbonetos). Quando a mistura contém uma maior porcentagem de moléculas pequenas seu estado físico é gasoso e quando a mistura contém moléculas maiores seu estado físico é líquido, nas condições normais de temperatura e pressão. No estado líquido ele é uma substância oleosa, inflamável, menos densa que a água, com cheiro característico e cor variando entre o negro e o castanho-claro (THOMAS, 2004).

Os óleos obtidos de diferentes reservatórios de petróleo possuem características diferentes, como cor, viscosidade, densidade, quantidade de liberação de gás, etc. Entretanto, todos eles produzem análises elementares semelhantes às dadas na figura a seguir (THOMAS, 2004):

Hidrogênio	11-14%
Carbono	83-87%
Enxofre	0,06-8%
Nitrogênio	0,11-1,7%
Oxigênio	0,1-2%
Metais	até 0,3%

Figura 1 – Análises elementares aproximadas produzidas por óleos obtidos de diferentes reservatórios de petróleo

Fonte: THOMAS, (2004).

Pode-se perceber que os principais constituintes do petróleo são os hidrocarbonetos, devido a alta porcentagem de carbono e hidrogênio existente na análise elementar apresentada. Os outros constituintes aparecem sob a forma de compostos orgânicos que contêm outros elementos, sendo os mais comuns o nitrogênio, o enxofre e o oxigênio. Metais também podem ocorrer como sais de ácidos orgânicos (THOMAS, 2004).

O enxofre é o terceiro elemento mais abundante no petróleo. Ele ocorre no petróleo na forma de sulfetos, polissulfetos, benzotiofenos e derivados, moléculas policíclicas com nitrogênio e oxigênio, gás sulfídrico, dissulfeto de carbono, sulfeto de carbonila e enxofre elementar (muito raro) (THOMAS, 2004).

Tais compostos estão presentes em todos os tipos de petróleo, e, em geral, quanto maior a densidade do petróleo, maior será seu teor de enxofre. Os compostos sulfurados, além de indesejáveis, pois aumentam a polaridade dos óleos (aumentando a estabilidade das emulsões), são os responsáveis pela corrosividade dos produtos do petróleo, contaminam os catalisadores utilizados nos processos de transformação e determinam a cor e o cheiro dos produtos finais. São tóxicos e produzem SO_2 e SO_3 por combustão, gases altamente poluentes da atmosfera, os quais formam H_2SO_3 e H_2SO_4 (ácido sulfúrico) em meio aquoso (THOMAS, 2004).

Além da produção de óleo, um reservatório típico também apresenta produção de gás e de água. O gás produzido é o resultado da composição das três partes. Uma parte é proveniente dos hidrocarbonetos que, nas condições de temperatura e pressão do reservatório, já se encontram no estado gasoso e que tem o nome de gás livre. A segunda parte é o gás que sai de solução de óleo, isto é, os hidrocarbonetos que se encontram dissolvidos no óleo nas condições do reservatório e se vaporizam quando a mistura é elevada para as condições de superfície. A terceira parte é o gás que se encontra dissolvido na água nas

condições do reservatório. Normalmente esta parcela é desprezível, não entrando no cálculo das produções (THOMAS, 2004).

2.1.5 Poço de petróleo

A identificação de uma área favorável à acumulação de petróleo é realizada através de métodos geológicos e geofísicos, que, atuando em conjunto, conseguem indicar o local mais propício para a perfuração, que é realizada através de uma sonda (THOMAS, 2004).

Após a perfuração e a colocação de equipamentos internos e externos ao poço, são colocados os equipamentos de superfície do poço, que são responsáveis pela ancoragem da coluna de produção, pela vedação entre a coluna e o revestimento de produção e pelo controle do fluxo de fluidos na superfície. Dentre estes equipamentos, está a Árvore de Natal Convencional, que é constituída por um conjunto de válvulas, com a finalidade de permitir, de forma controlada, o fluxo de óleo no poço (THOMAS, 2004).

2.2 CONHECIMENTOS SOBRE O GÁS SULFÍDRICO (H₂S)

2.2.1 Origem do H₂S

O sulfeto de hidrogênio tem origem tanto na natureza quanto em processos artificiais, gerados pelo homem. Está presente nos gases de vulcões, pântanos e corpos de água estagnada, em petróleo bruto e gás natural e também em esgotos urbanos e estações de tratamento de esgoto (ESTADOS..., 2006) e, segundo Mainier e Rocha (2003), estão associados a jazidas de sal, de carvão ou de minérios sulfatados. Fontes industriais de sulfeto de hidrogênio incluem refinarias de petróleo, plantas de gás natural, plantas petroquímicas, usinas siderúrgicas, plantas de processamento de alimentos e curtumes. Bactérias encontradas na boca e trato

gastrointestinal produzem sulfeto de hidrogênio durante a digestão de vegetais ou alimentos que contenham proteínas animais. Sulfeto de hidrogênio é um dos principais componentes no ciclo natural de enxofre (ESTADOS..., 2006).

Independentemente da hipótese adotada para explicar a origem do H_2S associado a hidrocarbonetos gasosos, é obviamente obrigatória a existência de uma fonte de enxofre. Este elemento pode ser encontrado nos ambientes de sedimentação, na composição da matéria orgânica, nas camadas de anidrida ($CaSO_4$), nas águas de formação sob a forma de SO_4^{2-} ou como enxofre livre elementar (MACHADO, 1991).

Seguem abaixo informações sobre processos geradores de H_2S :

a) Decomposição Termal dos Compostos Sulfurosos:

A decomposição termal dos compostos sulfurosos presentes na matéria orgânica dos folhelhos geradores submetidos a temperaturas elevadas (acima de $76,7^\circ C$) (ORR, op. cit. apud Castro, 1995) pode gerar grandes quantidades de H_2S (CASTRO; SILVA, 1988 apud CASTRO, 1995);

b) Oxidação Termal:

A oxidação dos hidrocarbonetos é possível quando os reservatórios contendo petróleo mantêm contato com águas sulfatadas, enxofre livre ou camadas anidriticas (camadas compostas principalmente de sulfato de cálcio), submetidas a elevadas temperaturas (acima de $76,7^\circ C$), propiciando a geração de grandes quantidades de H_2S (HUNT, 1978 apud CASTRO, 1995);

c) "Water Washing":

É o termo aplicado para a remoção dos hidrocarbonetos leves solúveis, através do fluxo de água subterrânea percolante nos reservatórios (BACKMEULEN, 1973 apud CASTRO, 1995).

d) Degradação Bacteriológica e Redução de Sulfatos:

Os mecanismos de geração de H_2S necessitam de uma fonte de enxofre, 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 (MAINIER; RODRIGUEZ, 1994 apud MAINIER; ROCHA, 2003).

No caso das bactérias redutoras de sulfato (BRS), outros parâmetros são fundamentais no desenvolvimento do processo de geração de H_2S , como

mecanismo pode gerar H_2S que pode variar desde 10 ppm a 100.000 ppm (parte por milhão) (MAINIER; ROCHA, 2003).

As águas utilizadas para injeção em alguns reservatórios de determinados campos produtores de petróleo devem ter um rígido controle físico-químico-bacteriológico, a fim de se evitar a entrada de bactérias anaeróbias e teores de sulfatos significativos que venham a causar a geração de gás sulfídrico e comprometer a produção do campo (CASTRO, 1995).

No Brasil, Penna, Oliveira e Silva (2003), realizaram uma pesquisa, publicada em 2003, onde foram realizados experimentos sobre níveis de atividades de BRSs obtidas em diferentes habitats de um mesmo campo de petróleo e foi concluído que elas apresentam diferentes níveis de atividade, justificando que este fato é devido às suas diferenças de adaptação ao meio ambiente aos quais se encontram e da presença de água do mar.

Experimentos feitos por Dr. Ir. Eugene Bessems, na Alemanha, sobre o crescimento das BRS também mostraram que elas apresentam diferenças em atividade. A variação na produção de gás, foram observadas nos estudos. No caso da produção de gás, foi desenvolvido um aparelho que mede a quantidade de gás produzido pela BRS.

Na Figura a seguir, pode ser visto que várias espécies de bactérias, especialmente as egípcias, produziram quantidades relativamente grandes de gás dentro de um curto período de tempo. Outras espécies produziram pouco gás durante um longo período de tempo (BESSEMS, 1982).

GAS PRODUCTION *Figure 2*
of four different strains of pre-cultivated
SRB - isolates

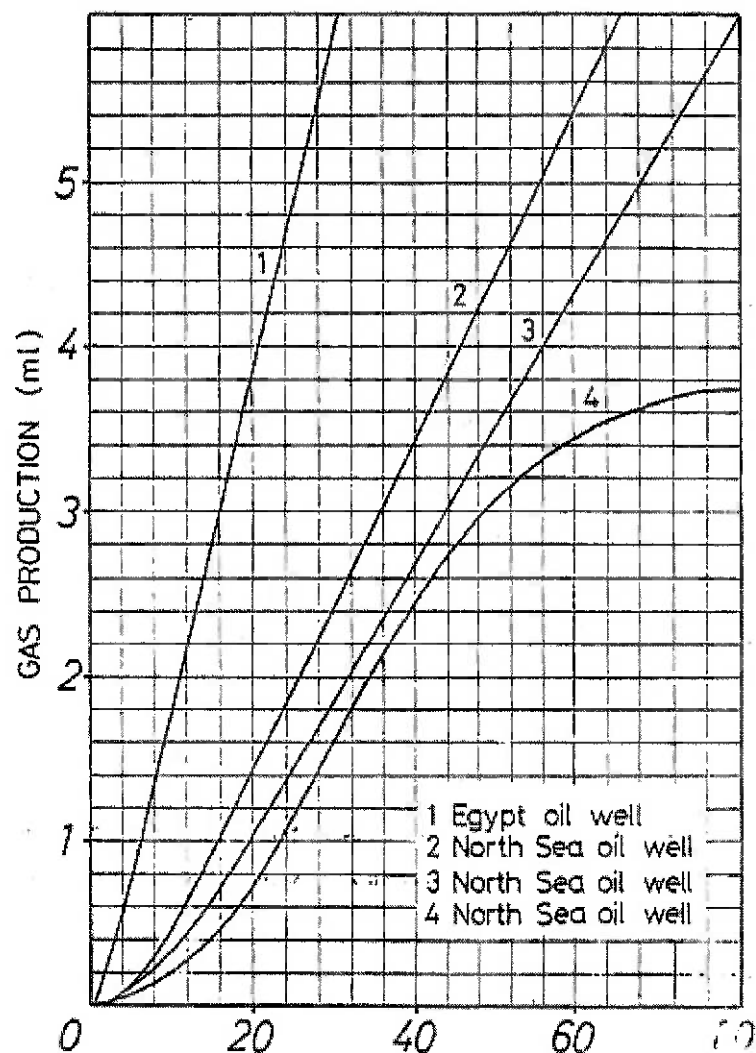


Figura 2 – Gás production
Fonte: BESSEMS, (1982).

2.2.2 H₂S no ambiente

Quando o sulfeto de hidrogênio é liberado como um gás, ele permanece na atmosfera por uma média de 18 horas. Durante este tempo, sulfeto de hidrogênio pode transformar-se em dióxido de enxofre e ácido sulfúrico (ESTADOS..., 2006).

A degradação de sulfeto de hidrogênio na atmosfera pode ocorrer através de oxidação pelo oxigênio (O₂) e ozônio (O₃). Dióxido de enxofre e sulfatos são

eventualmente removidos da atmosfera através da absorção pelas plantas e solos ou através de precipitação (HILL, 1973 apud ESTADOS..., 2006).

O tempo de permanência de cerca de 1,7 dias a uma concentração de ozônio de 0,05 mg/m³ foram calculadas para o sulfeto de hidrogênio (OMS, 1981 apud ESTADOS..., 2006).

Tempo de permanência no ar variando de cerca de 1 dia no verão a 42 dias no inverno foram estimados para o sulfeto de hidrogênio (BOTTENHEIM; STRAUZ, 1980 apud ESTADOS..., 2006). Não é esperado que o sulfeto de hidrogênio seja decomposto pela absorção direta de radiação ultravioleta, e não é esperado que a reação com o ozônio seja um destino ambiental significativo (COX, 1975 apud ESTADOS..., 2006).

A oxidação do sulfeto de hidrogênio pelo O₂ pode facilmente ocorrer em águas superficiais (MILLERO et al. 1987 apud ESTADOS..., 2006). O Sulfeto de hidrogênio é facilmente solúvel em água. Em solução aquosa, sulfeto de hidrogênio é um ácido fraco (ESTADOS..., 2006).

2.2.3 Entrada e saída de H₂S no corpo humano

O Sulfeto de Hidrogênio entra no organismo principalmente através do ar que respiramos. Muito menores quantidades podem entrar no corpo através da pele e por ingestão (ESTADOS..., 2006).

Sulfeto de hidrogênio é rapidamente eliminado do organismo. Após sua entrada no organismo, ele é absorvido pela corrente sanguínea e distribuído por todo o corpo. No corpo, o sulfeto de hidrogênio é primeiramente convertido em sulfato e é excretado na urina (ESTADOS..., 2006).

2.2.4 Características e efeitos fisiológicos do H₂S

O H₂S é um gás altamente tóxico e provoca asfixia e outros sintomas, que variam de acordo com o tempo de exposição e a concentração do agente no

ambiente, podendo levar a morte em instantes. Por ser mais pesado que o ar, ele pode acumular em lugares baixos (UNITED..., 2009).

As pessoas normalmente começam a sentir seu cheiro entre 0,0005 até 0,3 partes por milhão (ppm) (0,0005 a 0,3 partes de sulfeto de hidrogênio em um milhão de partes de ar) (ESTADOS..., 2006).

Ele é incolor e possui cheiro de ovo podre em baixas concentrações. Em concentrações elevadas (100 ppm), o nervo olfativo pode ser paralisado e o seu cheiro não mais sentido, fazendo com que a pessoa exposta não sinta cheiro, proporcionando a ela uma falsa condição de segurança, dando a falsa impressão de ter diminuído a concentração no ar, o que torna o composto ainda mais perigoso. Uma longa exposição a concentrações mais baixas tem um efeito similar dessensibilizante sobre o sentido do olfato (UNITED..., 2009). Algumas literaturas informam que a partir de 8 ppm já pode ser iniciada a inibição do sentido do olfato. O tempo de exposição e a susceptibilidade individual podem influenciar neste patamar.

A exposição ao sulfeto de hidrogênio provoca a morte por envenenamento do sistema respiratório em nível celular. Os sintomas da exposição repetida a concentrações baixas geralmente desaparecem depois de não serem expostos por um período de tempo. Exposições repetidas a baixas concentrações que não produzem efeitos, eventualmente, pode levar a irritação (UNITED..., 2009).

Atenção também deve ser dada em relação à prevenção contra incêndio e explosões, pois trata de um gás inflamável (UNITED..., 2009).

Este gás tem alto poder corrosivo, podendo causar severos danos a equipamentos utilizados na perfuração e produção (CASTRO, 1991). Esta condição exige investimentos em equipamentos especiais, resistentes ao H_2S , e uma maior atenção ao fluido de perfuração, para a neutralização ou prevenção dos efeitos do gás sulfídrico.

2.2.5 Efeitos do H_2S à saúde

Os cientistas fazem muitos testes para proteger a população contra os efeitos nocivos dos produtos químicos tóxicos e encontrar formas para o tratamento de pessoas que tenham sido prejudicadas (ESTADOS..., 2006).

Uma maneira de saber se um produto químico irá prejudicar as pessoas é determinando como o corpo absorve, usa e libera o produto químico. Para alguns produtos químicos, testes em animais podem ser necessários. Sem animais de laboratório os cientistas perderiam um método básico para obtenção de informações necessárias para tomar sábias decisões que protejam a saúde pública. Os cientistas têm a responsabilidade de tratar os animais de pesquisa com cuidado e respeito e devem respeitar as orientações de cuidados rigorosos, pois existem legislações que protegem o bem-estar de animais de pesquisa (ESTADOS..., 2006).

Os efeitos à saúde variam com o tempo de exposição e com a concentração do contaminante. A susceptibilidade individual também é um fator muito importante. Asmáticos, por exemplo, podem estar em maior risco (UNITED..., 2009).

A exposição a baixas concentrações de sulfeto de hidrogênio pode causar irritação nos olhos, nariz, garganta ou no sistema respiratório (UNITED..., 2009).

Concentrações moderadas podem provocar irritações no olho e efeitos respiratórios mais graves, dores de cabeça, tonturas, náuseas, tosse, vômito e dificuldade para respirar (UNITED..., 2009).

Altas concentrações podem provocar choque, convulsões, incapacidade de respirar, coma, morte. Os efeitos podem ser extremamente rápidos (após algumas respirações) (UNITED..., 2009).

Breve exposição a altas concentrações de sulfeto de hidrogênio (superior a 500 ppm) pode causar uma perda de consciência. Na maioria dos casos, a pessoa retoma a consciência, sem quaisquer outros efeitos. No entanto, alguns indivíduos, podem sofrer efeitos permanentes ou de longo prazo, tais como dores de cabeça, perda de atenção, perda de memória e perda na função motora. Nenhum efeito à saúde têm sido encontrados em humanos expostos a concentrações ambientais típicas de sulfeto de hidrogênio entre 0,00011 e 0,00033 ppm (ESTADOS..., 2006).

Mortes devido a inalação de grandes quantidades de sulfeto de hidrogênio têm sido relatados em uma variedade de diferentes ambientes de trabalho, incluindo esgotos, instalações de processamento animal, despejos de resíduos, lamas, locais de perfuração de poços de óleo e gás, cisternas e fossas. Muito pouca informação está disponível sobre os problemas de saúde que podem ocorrer após ingestão de algo contendo sulfeto de hidrogênio. Os cientistas não têm relatos de pessoas envenenadas por esses riscos. Existem relatos de porcos que

comeram alimentos que contêm sulfeto de hidrogênio tiveram diarreia por poucos dias e perderam peso após cerca de 105 dias (ESTADOS..., 2006).

Os cientistas têm pouca informação sobre o que acontece quando há exposição ao sulfeto de hidrogênio através da pele, mas eles sabem que é preciso ter cuidado com o produto liquefeito comprimido para evitar queimaduras (ESTADOS..., 2006).

O Sulfeto de hidrogênio não foi verificado como causa de câncer nos seres humanos, e sua possibilidade de causar câncer em animais não foi estudada minuciosamente (ESTADOS..., 2006).

Abaixo segue a figura contendo os efeitos referentes ao tempo de exposição a determinadas concentrações:

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 a morte por paralisia respiratória.
Acima de 1000	Minutos	Inconsciência e morte por paralisia respiratória.

Figura 3 – Efeitos referentes ao tempo de exposição a determinadas concentrações de H₂S
Fonte: TORLONI; VIEIRA, (2003).

Segundo a National Institute of Occupational Safety and Health (NATIONAL..., 2005), entidade governamental Norte-americana, a concentração de H₂S a partir de 100 ppm já se torna IPVS - Imediatamente Perigosa a Vida ou a Saúde (IDHL - Immediately Dangerous To Life or Health Concentration)

O IDHL é baseado em evidências científicas e práticas e referem-se à concentração máxima que, em uma situação de emergência um ser humano pode resistir e ter condições de abandonar o local sem equipamentos especiais e sem sofrer danos severos à saúde.

2.2.6 Casos de mortes e outros incidentes associados ao H₂S

Existem vários relatos de casos de mortes de humanos após exposição aguda a presumivelmente altas concentrações (≥ 500 ppm) de gás sulfídrico (BEAUCHAMP et al. 1984 apud ESTADOS..., 2006).

Segundo Mainier e Viola (2005), o Órgão de Segurança e Saúde Pública dos Estados Unidos – OSHA (Occupational Safety and Health Administration) - registra, no período de 1984 -1994, 1480 menções sobre contaminações diretas e indiretas com H₂S, ocorrendo 80 mortes, sendo 56 mortes diretas de envenenamento e 24 mortes de pessoas tentando salvar os colegas de trabalho. Dessas mortes, 18 ocorreram na produção e refino de gás natural e petróleo.

NIOSH (NATIONAL..., 2005) relatou que o sulfeto de hidrogênio era a principal causa ocupacional de morte inesperada.

Snyder et al (1995 apud ESTADOS..., 2006), resumiu 10 anos de dados (1983-1992) do Sistema do Poison Control Centers National Data Collection, indicando que pelo menos 29 mortes e 5.563 incidentes foram atribuídos a exposições de sulfeto de hidrogênio durante esse período de tempo. A maioria dos casos fatais associados com a exposição ao sulfeto de hidrogênio ocorreu em espaços confinados, como esgotos, lixeiras, cisternas, fossas, etc. Quase todos os indivíduos perderam rapidamente a consciência após a inalação de sulfeto de hidrogênio, às vezes depois de apenas uma ou duas respirações. Em muitos dos casos as concentrações e / ou duração da exposição não foram conhecidos. Em alguns casos, as vítimas foram expostas por um período de tempo que varia de alguns minutos à uma hora e foram incapazes de serem reanimadas.

Três homens perderam a consciência e morreram depois de entrarem em um esgoto contendo altas concentrações de sulfeto de hidrogênio, todos tiveram o odor característico de sulfeto de hidrogênio na autópsia e apresentava cianose e edema pulmonar (ADELSON; SUNSHINE, 1966 apud ESTADOS..., 2006).

Após serem expostos ao sulfeto de hidrogênio em um banheiro conectado a um poço de estrume, um homem desenvolveu náuseas, vômitos, tonturas e dispnéia, e morreu poucas horas depois. Bronquite hemorrágica e asfixia foram anotados como a causa de morte (PARRA et al 1991 apud ESTADOS..., 2006).

Presume-se que uma pessoa foi exposta ao sulfeto de hidrogênio em um tanque de esterco líquido. Duas semanas após a exposição a sulfeto de hidrogênio as concentrações medidas 30cm abaixo da escotilha do tanque foram 150ppm maiores que do que o limite de detecção do equipamento (HAGLEY AND SOUTH, 1983 apud ESTADOS...,2006).

Três dos cinco homens, que perderam a consciência em poucos minutos ao entrarem em um tanque de armazenamento subterrâneo de esterco líquido parcialmente drenado, morreram antes de chegarem ao hospital (OSBERN; CRAPO, 1981 apud ESTUDOS..., 2006). Amostras de ar analisadas cerca de uma semana após o acidente detectaram apenas 76 ppm de sulfeto de hidrogênio, mas os autores do estudo observaram que as condições ambientais foram provavelmente diferentes (por exemplo, um clima mais quente e menos adubo concentrado).

Dois trabalhadores de manutenção em uma empresa de curtumes animal desmaiaram e morreram no máximo em 45 minutos depois de entrarem em um bueiro de esgoto; uma concentração de sulfeto de hidrogênio de 200ppm foi obtida no interior do bueiro 6 dias após o acidente (NIOSH, 1989 apud ESTADOS..., 2006).

Um trabalhador em uma fábrica de processamento de aves de penas morreu após a exposição ao gás sulfídrico em aproximadamente 15 a 20 minutos (BREYSSE, 1961 apud ESTADOS..., 2006). Monitoramento realizado posteriormente na área onde a exposição ocorreu indicaram que as concentrações de sulfeto de hidrogênio variaram de 2.000 a 4.000 ppm.

Reivindicações devido a exposições agudas a sulfeto de hidrogênio que ocorreram durante um período de 5 anos (1969-1973) em Alberta, Canadá, principalmente entre os trabalhadores petroquímicos, foram revistos por Burnett et al (1977 apud ESTADOS..., 2006). Anotações de efeitos agudos incluíam coma, desequilíbrio e insuficiência respiratória com edema pulmonar. Dos 221 casos, houve 14 mortes. Continuando os estudos com 250 trabalhadores expostos ao sulfeto de hidrogênio entre 1979 e 1983 em Alberta, no Canadá, encontraram 7 fatalidades que geralmente envolviam o sistema nervoso central e respiratório; congestão hepática e problemas cardíacos também foram observadas (ARNOLD et al 1985 apud ESTADOS..., 2006). A diferença da taxa de letalidade, de 6% para 2,8%, foi atribuída a melhoria do treinamento em primeiros socorros e um maior conhecimento dos empregados em relação aos perigos do sulfeto de hidrogênio.

Estudos realizados com animais de laboratório expostos a altas concentrações de sulfeto de hidrogênio produziram resultados semelhantes aos observados em humanos expostos a níveis elevados (ESTADOS..., 2006).

Exposição de ratos Sprague-Dawley a 1.655ppm matou todos os cinco animais expostos em 3 minutos (LOPEZ et al, 1989 apud ESTADOS..., 2006).

Todos os ratos F-344 machos expostos de 500-700ppm de gás sulfídrico por 4 horas morreram, enquanto que os ratos expostos a concentrações até 400ppm sob as mesmas condições não morreram (KHAN et al 1990 apud ESTADOS..., 2006).

Dez dos 10 ratos Wistar morreram com uma exposição de 12 minutos, em média, a 800ppm de gás sulfídrico (BECK et al 1979 apud ESTADOS..., 2006).

Foram relatados em Sprague-Dawley, F-344, e ratos Long Evans expostos ao gás sulfídrico que para períodos 2 a 6 horas, concentrações de 335-587ppm causaram a morte em 50% dos animais testados (CL50) (PRIOR, et al 1988; TANSY et al, 1981 apud ESTADOS..., 2006), porém houve menos mortes com doses e intervalos semelhantes em outro estudo utilizando ratos F-344 (PRIOR et al, 1990 apud ESTADOS..., 2006). Nenhuma mortalidade foi relatada quando os ratos Wistar foram expostos a até 500ppm de sulfeto de hidrogênio por 2 horas (HIGUCHI; FUKAMACHI, 1977 apud ESTADOS..., 2006).

Não houve mortes entre os 30 ratos CB-20 adultos do sexo feminino expostos a 100ppm de sulfeto de hidrogênio por 2 horas / dia para 1 dia (ELOVAARA et al, 1978 apud ESTADOS..., 2006), nem em 20 ratos NMRI fêmeas adultas expostos por 1 a 4 dias (SAVOLAINEN et al, 1980 apud ESTADOS..., 2006).

Todos os seis ratos expostos a 722ppm de sulfeto de hidrogênio por 50 minutos morreram, enquanto 1.872ppm de sulfeto de hidrogênio matou um grupo de seis ratos em 10 minutos (SMITH; GOSSELIN, 1964 apud ESTADOS..., 2006).

Cinco coelhos brancos Japoneses morreram em 30 minutos de exposição ao sulfeto de hidrogênio 500-1.000 ppm (KAGE et al, 1992 apud ESTADOS..., 2006).

Nenhuma mortalidade foi observada durante 90 dias de estudos em que machos e fêmeas F-344 ou ratos Sprague-Dawley que foram expostos por 6 horas / dia, 5 dias / semana, para até 80ppm de sulfeto de hidrogênio (CIIT, 1983 apud ESTADOS..., 2006).

2.3 CONHECIMENTOS SOBRE O SISTEMA RESPIRATÓRIO

2.3.1 Estrutura do sistema respiratório

Segundo ESTADOS... (2006), a inalação é a principal forma de contaminação do gás sulfídrico, tornando importante o conhecimento do Sistema Respiratório para o entendimento dos efeitos do agente no homem.

O Sistema Respiratório pode ser dividido em três regiões, que diferem significativamente quanto à estrutura, ao escoamento do ar no seu interior (laminar, turbulento), à função (dutos condutores, área de troca gasosa) e à sensibilidade perante as partículas depositadas. A primeira é a “região da cabeça ou nasofaringe” que inclui o nariz, boca, faringe e laringe. A segunda região é a “traqueobrônquica” que inclui desde a laringe até os bronquíolos terminais. A terceira é a “região alveolar”, onde ocorre a troca gasosa entre o ar e o sangue (TORLONI; VIEIRA, 2003).

Devido à ação muscular da caixa torácica e do diafragma, o ar inspirado atravessa todos os dutos que constituem as vias aéreas superiores e chega aos alvéolos, inflando-os. O ar ambiente penetra no aparelho respiratório pelas fossas nasais, passa pela faringe e, através da laringe chega à traquéia, que se subdivide em dois brônquios, os quais se subdividem em passagens cada vez menores, que são os bronquíolos e os bronquíolos terminais, até tingirem finalmente os alvéolos. Durante a inspiração, o alvéolo se expande e deixa entrar o ar rico em oxigênio, e na expiração se contrai, expulsando o ar que já trocou parte do oxigênio (TORLONI; VIEIRA, 2003).

2.3.2 Mecanismo de defesa aos materiais inalados

Danos provocados por agentes químicos podem levar um indivíduo à morte em minutos ou segundos (TORLONI; VIEIRA, 2003).

De acordo com Widdicomb (apud TORLONI; VIEIRA, 2003), os mecanismos defensivos do sistema respiratório podem ser divididos em quatro grupos: os reflexos defensivos, o transporte mucociliar, a remoção local e as reações em nível celular. Eles podem ocorrer isolada ou simultaneamente (TORLONI; VIEIRA, 2003).

Os reflexos defensivos são os mais rápidos e incluem a tosse, o espirro, a deglutição, apnéia, a irritação pulmonar e outros. Quando ocorre uma situação em que o organismo precise agir rapidamente, como a inalação de gases tóxicos, ou bloqueio do trato respiratório por corpos estranhos, estes reflexos respondem com alterações na respiração, no diâmetro dos dutos respiratórios, na quantidade de muco secretado e no sistema cardiovascular. Se eles falharem na remoção, ou forem insuficientes, o material invasor pode ser removido por outro mecanismo (TORLONI; VIEIRA, 2003).

2.3.3 Exposição a Agentes Químicos

Os agentes químicos, ao entrarem em contato com o organismo humano, poderão provocar irritação, inflamação ou outras alterações, e/ou serem absorvidos e introduzidos na corrente sanguínea, através da qual serão transportados para os diversos tecidos (TORLONI; VIEIRA, 2003).

O nível de exposição aos agentes químicos no ar pode ser agudo ou crônico. A exposição aguda refere-se a uma única exposição ou múltiplas exposições em um período de 24 horas ou menos, a altas concentrações, e as manifestações se desenvolvem rapidamente. A exposição crônica refere-se a exposições repetidas ou contínuas durante longo período de tempo, meses ou anos, muitas vezes durante toda a vida profissional do trabalhador (TORLONI; VIEIRA, 2003).

A grande área superficial dos alvéolos em um indivíduo adulto, a ínfima espessura de suas paredes e a enorme quantidade de capilares sanguíneos que os envolvem, tornam o sistema respiratório a principal via de penetração de substâncias tóxicas no organismo, uma vez que estas substâncias, presentes nos ambientes industriais ou na agricultura, apresentam-se na forma de gases, vapores

ou aerossóis. Porém existem outras formas de introdução destes agentes no organismo, como através pele ou por ingestão (TORLONI; VIEIRA, 2003).

2.3.4 Contaminantes Gasosos

Os gases, vapores e fumaças geralmente comprometem as vias aéreas, podendo causar uma série de respostas pulmonares, desde irritação aguda até uma reação de hipersensibilidade, bem como danos em outras partes do corpo humano (TORLONI; VIEIRA, 2003).

Alguns gases provocam a asfixia bioquímica, os quais, mesmo em baixa concentração, interferem com o suprimento ou utilização do oxigênio em nível celular. A asfixia é consequência do bloqueio dos processos vitais pela falta de oxigênio. O gás sulfídrico paralisa a parte do cérebro que controla a respiração e o odor (TORLONI; VIEIRA, 2003).

2.4 CONCEITOS REFERENTES À HIGIENE OCUPACIONAL

2.4.1 Limites de exposição ocupacional a agentes químicos

2.4.1.1 LIMITES DE TOLERÂNCIA

A NR-9, que é uma das Normas Regulamentadoras aprovadas pela Portaria 3.214, de 8/junho/78, associadas ao Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, é referente ao “Programa de Prevenção de Riscos Ambientais” e informa que deverão ser adotadas as medidas necessárias suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais sempre que forem identificados, na fase de antecipação, de risco potencial à saúde, ou quando for constatado, na fase de reconhecimento de risco evidente à saúde, ou quando os

resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores excederem os valores dos limites previstos na NR-15 ou, na ausência destes, os valores limites de exposição ocupacional adotados pela ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos, ou quando, através do controle médico da saúde, ficar caracterizado o nexo causal entre danos observados na saúde os trabalhadores e a situação de trabalho a que eles ficam expostos (BRASIL, 1978).

2.4.1.1.1 Limites de tolerância segundo a NR-15

A NR-15 outra Norma Regulamentadora aprovadas pela Portaria 3.214, de 8/junho/78, associadas ao Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, e trata das “Atividades e Operações Insalubres” (BRASIL, 1978).

“Entende-se por Limite de Tolerância para fins da norma NR-15, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante sua vida laboral” (BRASIL, 1978).

Segundo a NR-15, são consideradas atividades ou operações insalubres as que se desenvolvem: acima dos LT previstos nos anexos 1, 2, 3, 5, 11 e 12; aquelas mencionadas nos anexos 6, 13 e 14 e as comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho, constantes dos anexos 7, 8, 9 e 10 (BRASIL, 1978).

No Brasil há apenas dois tipos de limites de tolerância para agentes químicos. Estes limites são válidos para jornadas de trabalho de até 48 horas semanais, para absorção por via respiratória e na presença de oxigênio com teor no mínimo de 18%. Os dois limites legais no Brasil são o limite de tolerância Valor Teto (LTvt) e o limite de tolerância média aritmética (Ltma) (BRASIL, 1978).

O Limite de Tolerância Valor Teto (LTvt) é um valor que não pode ser ultrapassado em momento algum da jornada de trabalho e existe apenas para alguns agentes químicos (BRASIL, 1978).

Para o Limite de Tolerância Média Aritmética (LTma) não ser considerado excedido, a média aritmética das medidas de concentração do agente químico não pode ser superior ao seu valor (BRASIL, 1978).

A aplicação do LTma requer adicionalmente que se imponha certos limites aos valores individuais medidos, de modo que, mesmo sendo a média aritmética não superior ao LTma, também não se tenha um valor individual acima de um dado valor máximo (Vmax) (BRASIL, 1978).

Este valor máximo é função do valor numérico do LTma, sendo obtido através do chamado fator de desvio (FD), conforme a expressão: $V_{\text{máx}} = \text{LTma} \times \text{FD}$ (BRASIL, 1978).

Os valores de FD e LTma são resumidos na figura abaixo:

LTma (ppm ou mg/m ³)	FD
0 a 1	3
1 a 10	2
10 a 100	1,5
100 a 1 000	1,25
Acima de 1 000	1,1

Figura 4 - Valores do fator de desvio FD em função do valor do LTma
Fonte: BRASIL, (1978).

2.4.1.1.2 Limites de tolerância segundo A ACGIH

A ACGIH – *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, é uma Associação de profissionais dos Estados Unidos da América que congrega basicamente higienistas industriais de entidades governamentais e, dentre suas várias atividades voltadas à Higiene Ocupacional, possui um Comitê com a atribuição de editar anualmente os TLV's – *Threshold Limit Values* (valores limites limiares) através de estudo detalhado de todas as informações científicas disponíveis (COLACIOPPO, 2008).

Os TLV's referem-se à concentrações das substâncias químicas dispersas no ar e representam condições sob as quais se acredita que a maioria dos

trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, durante toda uma vida de trabalho, sem sofrer efeitos adversos à saúde (ACGIH, 2007).

Dentre os limites da ACGIH estão: o Limite de Tolerância Média Ponderada – LTmp, que é o TLV-TWA (“threshold limit value-time weighted average”), o Limite de Tolerância Curta Exposição - LTce é TLV-STEEL (“threshold limit value - short term exposure limit”) e o Limite de Tolerância Valor Teto - LTvt é TLV-C (“threshold limit value-ceiling”) (ACGIH, 2007).

O Limite de Tolerância Média Ponderada – LTmp, TLV-TWA define um limite para turno diário de 8 horas ou 40 horas semanais. Alguns períodos de exposição acima do LTmp são permitidos, desde que sejam compensados por períodos de exposição abaixo do limite (ACGIH, 2007).

Os limites superáveis condicionalmente, não existem para a maioria das substâncias para as quais existem limites de tolerância média ponderada por falta de suficientes dados toxicológicos (FANTAZZINI, 2008).

Eles são aplicáveis aos LTmp que não possuem LTce e devem ser determinados de acordo com as seguintes recomendações: pode exceder três vezes o valor numérico do LTmp, mas no máximo por até 30 minutos num dia de trabalho (8 horas), em hipótese alguma devem superar o valor de cinco vezes o LTmp, mesmo não sendo excedido o LTmp, deve ser garantido que o LTmp não seja ultrapassado (ACGIH, 2007).

O Limite de Tolerância Curta Exposição – Ltce, o TLV-STEEL, representa a concentração à qual trabalhadores podem ser expostos continuamente por breves períodos sem sofrer os seguintes efeitos: Irritação, dano crônico ou irreversível de tecidos, narcose em grau suficiente para aumentar a predisposição a acidentes (ACGIH, 2007).

O limite de curta exposição (LTce) não é um limite independente, mas complementa o limite média ponderada (LTmp) quando existem reconhecidos danos de uma substância cujos efeitos tóxicos são primariamente de natureza crônica. Os LTce são recomendados apenas quando efeitos tóxicos foram relatados com relação a altas exposições de curta duração com pessoas ou animais (FANTAZZINI, 2008).

A exposição ao LTce deve sempre respeitar o LTmp, não deve exceder 15 minutos de duração, deve decorrer pelo menos 1 hora entre cada exposição até o Ltce e não se pode ter mais de 4 exposições ao LTce por dia (ACGIH, 2007).

O Limite de Tolerância Valor Teto – LTvt, o TLV-C, representa a concentração que não deve ser nunca excedida, mesmo instantaneamente, durante o tempo de trabalho (ACGIH, 2007).

Se um dos limites aplicáveis for excedido, assume-se que existirá um potencial perigo decorrente da substância avaliada.

2.4.1.2 NÍVEL DE AÇÃO (NA)

O nível de ação de um agente ambiental, segundo a NR-9, é um valor de 0,5 vezes o seu limite de exposição (Limite de Tolerância, em termos legais), para agentes químicos, e dose de ruído de 50%, para este agente físico. A idéia subjacente para a existência de um nível de ação é a de se poder ter um referencial a partir do qual certas ações devem ser tomadas, num programa de higiene ocupacional; por essa razão há ações específicas previstas na norma regulamentadora, ao ser excedido o valor do NA. (BRASIL, 1978).

“Se o nível de ação for excedido em um dia típico, existe uma probabilidade maior que 5% de que o limite de exposição será excedido em outros dias de trabalho”. (BRASIL, 1978).

Colocando de outra forma, pode-se dizer: “Se o nível de ação for respeitado em um dia típico, existe uma probabilidade maior que 95% de que o limite de exposição será respeitado, em outros dias de trabalho”.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CONSTATAÇÃO DA PRESENÇA DE H_2S NO CAMPO ESTUDADO

Inicialmente foram realizadas pesquisas, verificando se eram pertinentes os questionamentos relativos à possibilidade de existência do gás sulfídrico naquele campo de petróleo.

Foram então realizados monitoramentos ambientais em pontos estratégicos das instalações do campo de petróleo e constatada a existência do gás sulfídrico no ambiente. Posteriormente foram realizadas medições da concentração de H_2S no fluido dos poços de petróleo e encontrados valores significativos em alguns deles. O ambiente em torno destes poços foram monitorados durante seis semanas e foram também encontrados valores significativos. Medições feitas próximas aos anulares (bocais de ventilação dos poços) dos poços, e a distâncias de 1 metro a 2 metros nos mostrou que existe uma dispersão muito rápida do gás no ambiente, já que a concentração se tornava nula a uma distância de um metro do poço ou menos.

3.2 OBTENÇÃO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO CAMPO

Constatado que havia realmente H_2S no Campo, foram realizadas pesquisas relativas às principais características do campo de petróleo e das instalações que fazem parte do mesmo e sobre as possibilidades de formação do gás sulfídrico no campo. Estes dados foram obtidos através de pesquisas em bibliotecas, livros, artigos técnicos, internet e constatações pessoais devidamente fundamentadas.

3.3 CONHECIMENTO DA EXPOSIÇÃO DOS TRABALHADORES

Dentre as atividades executadas no campo estudado, existem atividades em áreas administrativas, em estações de tratamento de óleo, em estações coletoras de óleo, em estações de injeção de água, em cerca de aproximadamente 300 poços e em outras áreas dispostas no restante do campo, que compreende uma área de aproximadamente 13 km².

Os grupos homogêneos de exposição formados pelos trabalhadores que exercem suas atividades no campo de petróleo estudado foram obtidos a partir da caracterização básica, dada pela observação e conhecimento do processo, das atividades e dos agentes, reunindo os trabalhadores em grupos que possuem as mesmas chances de exposição a um dado agente. Os GHEs foram definidos por agentes ambientais, e por locais (edificações) de trabalho.

A exposição dos trabalhadores que fazem parte de um mesmo GHE não é idêntica, pois quem é homogêneo é o caráter estatístico do grupo, e as variabilidades serão normais dentro dele.

Neste trabalho foi escolhido um dos GHEs para que a exposição fosse estudada com uma maior profundidade. Foram utilizados alguns critérios para a escolha deste GHE.

3.4 ESCOLHA DO GRUPO ESTUDADO

Para a escolha do GHE que seria estudado, foram realizadas entrevistas com três supervisores, cujos trabalhadores que exerciam atividades de campo com possíveis exposições estavam ligados a eles.

As atividades inicialmente julgadas foram: retirada de amostras de óleo em poços, injeção de óleo diesel em poços, medição de Nível de tanque com trena manual, operação de válvulas de poços e movimentação (retirada e colocação) de PIG, equipamento inserido em tubulações e válvulas para a realização de limpeza em seu interior.

Após entrevista, foram escolhidas três atividades para serem realizadas Análises Preliminares de Risco em Higiene Ocupacional (APR-HO), que é uma metodologia para a fase de identificação da exposição a agentes ambientais, que subsidia a tomada de ações para estabelecer prioridades e periodicidade das avaliações.

Para isto foi usado o mesmo critério sugerido para a escolha do exposto de maior risco em um GHE que é o de possuir uma ou mais das seguintes características, que lhe conferem o maior potencial de exposição: Exercer suas atividades mais próximo da fonte do agente; exercer suas atividades em região do ambiente onde ocorre maior concentração ou intensidade aparente do agente; exercer suas atividades de maneira a se expor por mais tempo ao agente; exercer as rotinas operacionais (*modus operandi*) de forma a se expor mais ao agente (FANTAZZINI, 2008).

A determinação foi feita também por observação de campo. Foi importante o conhecimento das operações e atividades, assim como a experiência e o conhecimento do profissional relativo ao agente e à forma de exposição.

Foram realizadas três APR-HO, uma para a atividade de retirada de amostras de óleo em poços, uma para injeção de óleo diesel em poços e outra para a atividade de movimentação (retirada e colocação) de PIG. Para cada agente identificado na APR-HO, foi estabelecida a categoria do risco.

A Categoria de Risco 1 é Irrelevante. Em situações não avaliadas, o agente e/ou as condições de trabalho não representam risco potencial de dano à saúde nas condições usuais industriais, descritas em literatura, ou pode representar apenas um aspecto de desconforto e não de risco. Em situações avaliadas, o agente foi identificado, mas é quantitativamente desprezível frente aos critérios técnicos; o agente se encontra sob controle técnico e abaixo do nível de ação. Considerações técnico-administrativas de atuação não são prioritárias. As ações estão dentro do princípio de melhoria contínua. Pode ser necessária avaliação quantitativa do GHE para confirmação da categoria, a critério do profissional de Higiene Ocupacional (FANTAZZINI, 2008).

A Categoria de Risco 2 é De Atenção. Em situações não avaliadas, o agente representa um risco moderado à saúde, nas condições usuais industriais descritas na literatura, não causando efeitos agudos, o agente não possui limite de exposição do tipo teto e o valor de limite de exposição do tipo média ponderada é

consideravelmente alto (centenas de ppm); não há queixas médicas sistematizadas aparentemente relacionadas com o agente. Em situações avaliadas, a exposição se encontra sob controle técnico e acima do nível de ação, porém abaixo do limite de tolerância. Considerações técnico-administrativas de atuação são de prioridade básica. Deve ser iniciado processo de avaliação quantitativa do GHE para confirmação da categoria e monitoramento periódico (FANTAZZINI, 2008).

A Categoria de Risco 3 é Crítica. Em situações não avaliadas, o agente pode causar efeitos agudos, o agente possui limite de exposição do tipo valor teto ou possui limite de exposição do tipo média ponderada muito baixo (alguns ppm); as práticas operacionais e/ou as condições industriais indicam aparente descontrole de exposição; há possibilidade de deficiência de oxigênio; não há proteção cutânea específica no manuseio de substâncias com notação pele; há queixas sistematizadas específicas e indicadores biológicos de exposição excedidos. Em situações avaliadas, a exposição não se encontra sob controle técnico, está acima do limite de exposição do tipo média ponderada e excede o limite tipo valor teto. Considerações técnico-administrativas de atuação são prioridade preferencial. Devem ser adotadas medidas de controle para redução da exposição e iniciado o processo de avaliação quantitativa do GHE (FANTAZZINI, 2008).

A Categoria de Risco 4 é intolerável. Em situações não avaliadas, envolvem exposição a carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos suspeitos ou comprovados em humanos; nas situações aparentes de risco grave e iminente por agentes ambientais; há risco aparente de deficiência de oxigênio; o agente possui efeitos agudos, baixos limites de exposição e IPVS (concentração imediatamente perigosa a vida e a saúde); as queixas são específicas e freqüentes, com indicadores biológicos de exposição excedidos; há exposição cutânea severa a substâncias com notação pele. Em situações avaliadas, a exposição não se encontra sob controle técnico e está acima do valor teto/ valor máximo. Considerações técnico-administrativas de atuação são prioridade máxima. Devem ser adotadas medidas imediatas de controle. Quando não, a continuidade da operação só poderá ocorrer com ciência e aprovação do gerente geral da unidade ou instalação. Deverá ser iniciado processo de avaliação quantitativa do GHE para verificação do rebaixamento da categoria de risco (FANTAZZINI, 2008).

Após análise das APR-HO, foi realizado um monitoramento de parte de uma jornada de trabalho com cada atividade em momentos julgados como de maior exposição ao agente e então foi definido qual seria o grupo a ser estudado.

O grupo escolhido para ser estudado foi o que exercia atividade de movimentação (retirada e colocação) de PIG, cujo monitoramento de parte da jornada, nos prováveis momentos de exposição nos forneceu valores significativos, em torno de 60 ppm, enquanto nas outras duas atividades citadas, o resultado do monitoramento foi nulo em todos os momentos.

3.5 DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE DESENVOLVIDA PELO GHE ESTUDADO NO LOCAL COM POSSIBILIDADE DE EXPOSIÇÃO AO H₂S

A atividade estudada neste trabalho ocorre em um equipamento externo ao poço, a Árvore de Natal, que é constituída por um conjunto de válvulas, com a finalidade de permitir, de forma controlada, o fluxo de óleo no poço e na câmara de PIG localizada no final do percurso do equipamento através da tubulação.

A Figura 5, mostra um desenho exemplificando uma Árvore de Natal de um poço.

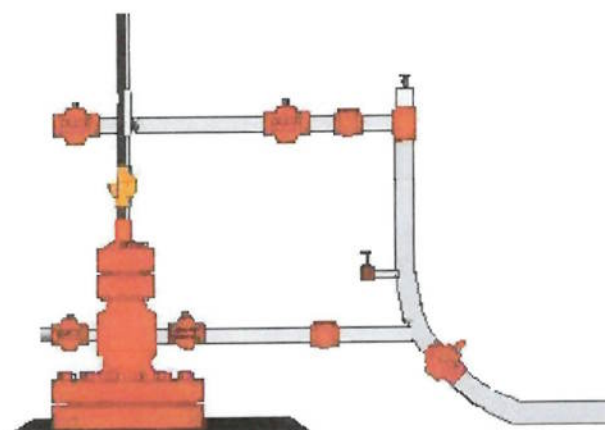


Figura 5 – Árvore de Natal de um Poço

Fonte: BR, (2010).

O óleo retirado do poço é encaminhado para tanques através de tubulações ou de carretas, onde são armazenados, tratados e posteriormente enviados para Refinarias, onde são produzidos derivados do petróleo para serem devidamente comercializados.

Os componentes deste GHE executam suas atividades em poços de produção da área onde existe maior concentração de H_2S de toda a Bacia petrolífera. O grupo é composto de dois trabalhadores.

Durante a execução das atividades o trabalhador coloca o PIG em alguns poços (aproximadamente 13 poços por dia), levando de cinco a dez minutos em cada poço e se deslocando para outro poço, no veículo, sem a exposição, para outro poço. No poço, existem alguns momentos em que ele se expõe ao H_2S , conforme informado adiante. No final da jornada de trabalho, o trabalhador faz limpeza dos PIGs retirados com vapor d'água e, posteriormente elabora relatórios com as informações das atividades realizadas no dia.

A colocação do PIG tem a finalidade de fazer a limpeza da tubulação e das válvulas, para que o óleo possa fluir com maior facilidade para o seu destino.

Em outro momento, os trabalhadores deste GHE se deslocam para o destino final dos PIGs e fazem sua retirada. Esta atividade também proporciona momentos de exposição para os trabalhadores.

Os empregados executam suas atividades utilizando detector de H_2S com alarme em 8 ppm e 15 ppm, utilizando máscaras de filtro químico apenas para fuga. Eles seguem a orientação de se deslocarem para um local ventilado, livre de exposição ao H_2S , caso o alarme dispare, e chamem um profissional de Segurança Industrial. Este profissional irá avaliar o local e emitir as devidas recomendações para que o trabalho possa ser executado com segurança.

Caso haja gás sulfídrico no ambiente a uma concentração maior do que 8 ppm, o trabalho só pode ser executado com utilização de máscara autônoma de demanda com pressão positiva e peça facial inteira ou com linha de ar comprimido de demanda com pressão positiva, com peça facial inteira, e cilindro auxiliar para escape.

O motivo de não poder ser utilizada a máscara com filtro químico em ambientes com presença de H_2S é devido ao fato de o gás sulfídrico ser um gás com baixas propriedades de alerta, visto que a partir de 8 ppm o olfato já pode começar a ser inibido, a depender do tempo de exposição ao agente e da

susceptibilidade individual, e o indivíduo não conseguirá sentir a presença do gás em caso de saturação do filtro ou problemas de vedação da máscara. O uso da máscara só seria possível se o filtro químico possuísse um indicador confiável de fim de vida útil que alertasse o usuário antes de o contaminante começar a atravessar o filtro, que não é o caso e se existisse um plano de troca do filtro.

O plano de troca precisa levar em conta, dentre outros parâmetros, a qualidade, quantidade, densidade e uniformidade do recheio, bem como das condições de exposição (concentração do agente, presença simultânea de outros agentes químicos, demanda de ar pelo usuário, temperatura e umidade relativa do ar). Pela condição e locais onde são realizadas as atividades executadas pelos componentes do GHE, não é possível ter controle sobre os parâmetros exigidos para o plano de troca, já que a atividade é realizada em locais com condições bastante distintas, ao ar livre, podendo variar de poço para poço os agentes químicos existentes simultaneamente ao H₂S, a temperatura e a umidade relativa do ar.

3.5.1 Colocação de PIG

Para a colocação do PIG para a limpeza da linha de produção, é realizado o fechamento do anular e manobra de válvulas para colocar o poço em circulação de produção (figura 6), em seguida é feita a abertura do dreno para a retirada de pressão e fluido da câmara de PIG (figura 7).



Figura 6 – Fechamento do anular e Manobra de válvulas
Fonte: A autora, (2009)



Figura 7 - Abertura do dreno
Fonte: A autora, (2009)

Então, é iniciada a abertura da câmara de PIG e introdução de PIG para efetuar a limpeza na linha de produção (figura 8).

Após este procedimento, a câmara de PIG é fechada e são feitas manobras de válvulas para retorno da produção e encaminhamento do PIG (figura 9).



Figura 8 – Abertura da câmara e introdução do PIG
Fonte: A autora, (2009)



Figura 9 – Fechamento da Câmara e manobras para encaminhamento do PIG
Fonte: A autora, (2009)

Os momentos de maior exposição do empregado são durante a abertura de dreno para a retirada de pressão e fluido da câmara de PIG e durante a abertura da câmara de PIG e Introdução de PIG para efetuar a limpeza na linha de produção.

3.5.2 Recuperação de PIG

Para a recuperação do PIG, é realizada a abertura de válvula para despressurização da câmara de PIG (figura 10) e, em seguida, a abertura da câmara de PIG para a recuperação do equipamento (figura 11).



Figura 10 – Despressurização e Abertura da Câmara de PIG
Fonte: A autora, (2009)



Figura 11 – Abertura da Câmara e Recuperação do PIG
Fonte: A autora, (2009)

Os momentos de maior exposição do empregado são durante a abertura de válvula para despressurizar a câmara de PIG e durante a abertura da câmara de PIG para a recuperação do PIG.

3.6 SORTEIO DOS DIAS A SEREM MONITORADOS

Sabendo qual seria o GHE a ser analisado, foi realizado sorteio aleatório dos dias que seriam monitorados, utilizando a Tabela da Niosh, 1977, mostrada na Figura 12.

O uso deste procedimento se aplica ao sorteio de trabalhadores ou momentos de jornada a serem obtidos de um total de até 100 itens.

Foi feito o uso da Figura 12 iniciando a visualização a partir de um número aleatoriamente escolhido, que no caso foi a hora do exato momento em que iniciou o

seu uso, às 09:17h. Com isto a visualização dos números iniciou na Coluna 09 e linha 17, observando os números verticalmente para baixo, passando para a coluna seguinte após o último número da coluna, e anotando os números encontrados que faziam parte da amostra, no caso os números entre 1 e 30, correspondentes às datas entre 09 de novembro e 08 de dezembro, datas entre as quais seriam realizados os monitoramentos das jornadas de trabalho, que totalizariam 6 (seis) dias típicos.

Não fizeram parte do sorteio os dias atípicos, os dias de folga e os finais de semana, que não são dias trabalhados. Foram considerados dias atípicos os dias chuvosos e os dias de quarta-feira, por haver reunião durante parte da manhã.

Nos dias monitorados o tempo estava ensolarado ou nublado e os trabalhadores executavam suas atividades de rotina, realizando as tarefas nos poços programados para o dia.

O resultado do sorteio está mostrado no item 4.4.

Também foi sorteado qual o empregado da dupla que seria monitorado. Como eram apenas dois, foi realizado um sorteio simples e definido qual seria o empregado a ser monitorado.

	1	5	9	10	15	20	25
1	05 57 23 06 26 23 08 66 16 11 73 28 81 58 14 62 82 45 65 80 36 02 76 55 63 37 78 16 06 57 12 46 22 90 97 78 67 39 06 63 68 51 02 07 01 75 12 90 41 16 23 71 15 08 82 64 87 29 01 20 46 72 05 80 19 27 47 15 76 51 58 67 66 80 34 42 67 98 41 67 44 28 71 43 08 19 47 76 30 26 72 33 69 92 01 95 23 26 85 70 05 83 03 84 32 62 83 27 48 83 09 13 84 90 20 20 50 87 74 93 51 62 10 23 30						
6	60 46 18 41 23 74 73 51 72 90 40 52 35 41 20 99 48 98 27 38 81 33 83 82 94 32 80 64 75 91 98 09 40 64 89 29 99 48 35 59 91 50 73 75 92 99 58 92 93 24 79 35 53 77 78 06 62 37 48 82 71 00 78 21 63 65 88 45 82 44 78 93 22 78 09 45 13 23 32 01 09 46 36 43 66 37 15 35 04 88 79 83 53 19 13 91 39 81 31 87 20 60 97 48 21 41 84 22 72 77 99 81 83 30 46 15 90 26 51 73 66 34 99 40 60						
11	67 91 44 83 43 25 56 33 28 80 99 53 27 58 19 80 76 32 53 95 07 53 09 81 98 35 50 76 93 86 35 68 45 37 83 47 44 52 57 66 59 64 16 48 39 26 94 54 66 40 56 73 38 38 23 36 10 95 18 01 10 01 59 71 55 99 24 88 31 41 00 73 13 80 62 55 11 50 29 17 73 97 04 20 39 20 22 71 11 43 00 15 16 12 35 09 11 00 89 05 23 54 33 87 92 92 04 49 73 96 57 53 57 08 93 03 89 69 87 83 46 39 50 37 85						
16	41 48 67 79 44 57 40 29 10 34 58 63 51 18 87 41 02 39 79 14 40 68 10 01 61 03 97 71 72 43 27 36 24 59 98 82 87 26 31 81 44 28 58 99 47 83 21 35 22 88 90 24 83 48 07 41 56 68 11 14 77 75 48 58 68 90 89 63 87 00 06 18 63 21 91 98 98 97 42 27 11 80 51 13 13 03 42 91 14 31 22 15 48 67 52 09 46 34 60 85 74 20 94 21 49 96 51 69 99 85 43 76 55 81 36 11 38 68 32 43 08 14 78 05 34	17					
21	94 87 48 87 11 84 00 85 93 56 43 99 21 74 84 13 56 41 90 96 30 04 19 68 73 58 18 84 82 71 23 66 33 19 25 65 17 90 84 24 31 75 36 14 83 86 22 70 38 89 31 47 28 24 93 49 28 69 78 62 23 45 53 38 78 65 87 44 91 93 91 62 76 09 20 45 62 31 06 70 92 73 27 83 57 15 64 40 57 56 54 42 35 40 53 55 82 08 78 87 31 49 87 12 27 41 07 91 72 64 63 42 06 66 82 71 28 38 45 31 99 01 03 35 76						
26	69 37 22 23 46 10 75 83 62 94 44 65 48 23 85 71 69 20 89 12 18 56 61 70 41 93 67 21 56 98 42 52 53 14 86 24 70 25 18 23 23 56 24 83 86 11 06 46 10 23 77 56 18 37 01 32 20 18 70 79 20 85 77 89 28 17 77 15 52 47 13 33 35 12 75 37 07 47 79 60 75 24 13 31 63 25 93 27 66 19 53 52 49 98 45 12 12 05 09 32 72 08 71 01 73 46 39 60 37 58 22 25 20 84 30 02 03 62 68 58 38 04 06 89 94						
31	55 22 48 46 72 50 14 24 47 67 84 37 32 84 82 54 97 13 69 85 20 09 80 46 75 69 24 99 90 78 29 34 25 33 23 12 69 90 50 38 93 84 32 28 95 03 65 75 90 12 01 86 77 18 21 91 66 11 84 65 48 75 28 94 51 44 57 53 36 39 77 69 05 25 07 52 40 94 06 80 61 34 28 46 28 11 48 48 94 30 65 08 63 71 06 19 35 05 32 56 58 78 02 85 80 29 67 27 44 07 57 23 20 28 22 62 97 59 62 13 41 72 70 71 07						
36	33 73 33 51 00 33 56 15 84 34 28 50 18 63 12 81 56 43 54 14 63 37 74 97 59 58 60 37 45 62 09 95 93 16 59 35 22 91 78 04 97 98 80 20 04 38 93 13 92 30 72 13 12 95 32 87 99 32 83 65 40 17 92 57 22 68 98 79 16 23 53 56 56 07 47 22 21 03 18 10 52 57 71 40 49 95 25 55 36 95 57 25 25 77 05 38 05 62 57 77 97 94 83 67 90 68 74 88 17 22 38 01 04 33 49 38 47 57 61 87 15 39 43 87 03						
41	09 03 68 53 63 29 27 31 66 53 39 34 88 87 04 35 03 69 52 74 93 16 52 01 55 29 95 61 42 65 05 72 27 28 18 09 85 24 59 46 03 91 55 38 62 51 71 47 37 38 81 96 78 90 47 41 38 36 33 95 03 90 25 72 85 23 23 30 70 51 55 93 23 64 80 44 52 20 81 21 57 57 85 00 47 26 10 87 22 45 72 03 56 73 23 38 38 36 77 97 68 91 12 15 08 02 18 74 56 79 21 53 53 41 77 15 07 39 87 11 19 25 62 19 30						
46	29 33 77 60 29 09 25 09 42 28 07 15 40 67 55 29 58 75 84 06 19 54 31 16 53 54 13 39 19 29 64 97 73 71 61 78 03 24 02 93 86 69 76 74 28 08 98 84 98 23 75 16 85 64 64 93 85 68 08 84 15 41 57 84 45 11 70 13 17 60 47 80 10 13 00 36 47 17 08 78 03 92 85 18 42 95 48 27 37 99 98 81 94 44 72 05 95 42 31 17 29 51 08 21 91 23 76 72 84 98 26 23 66 54 86 88 95 14 82 57 17 99 15 28 99						

Figura 12 – Lista de números para sorteio aleatório

Fonte: NATIONAL..., (2005).

Legenda:

xx INÍCIO

yy VALORES SORTEADOS VÁLIDOS (NÃO ENTRARAM NO SORTEIO OS NÚMEROS: 11 (QUARTA-ATÍPICO); 13 (CHUVOSO-ATÍPICO); 14 (SÁBADO); 16 (CHUVOSO-ATÍPICO); 28 (SÁBADO); 08 (FERIADO); 18 (QUARTA-ATÍPICO); 25 (QUARTA-ATÍPICO))

3.7 EQUIPAMENTO UTILIZADO

A detecção e o monitoramento do H_2S presente no ar podem ser efetuados por uma série de técnicas e equipamentos cuja principal função é registrar e avaliar as concentrações de H_2S no ambiente e conseqüentemente comparar com as condições de qualidade de vida necessária ao homem e as condições de segurança nas instalações industriais. Estes aparelhos indicam, continuamente, o teor de H_2S presente e alertam quando o limite é ultrapassado e pode trazer problemas ambientais. Geralmente estão baseados nas propriedades de absorção e /ou de adsorção do H_2S em materiais específicos.

O equipamento utilizado para a realização das medições contidas neste trabalho foi um equipamento de leitura direta da BW, o Gás Alert Micro5.

Sua faixa de detecção é de 0 – 500 ppm (incrementos de 1 ppm), as dimensões são: 14,5 x 7,4 x 3,8 cm e o tipo de sensor: H_2S/CO : Célula eletroquímica encaixável dupla.

O equipamento registra valores a cada 20 segundos e permite que eles sejam transferidos, através de um software, para uma planilha em excel.

Foram realizados testes diários geral dos sensores antes do uso para confirmar a sua capacidade de responder ao gás, expondo o detector a uma concentração de gás que excediam as definições de alarme. Foram também verificados manualmente se os alarmes visuais e sonoros estavam ativos e as leituras calibradas, caso não estivessem dentro dos limites especificados, conforme recomendado pelo fabricante.

3.8 TIPOS DE AMOSTRAS DO AGENTE AMBIENTAL

O tipo de amostra realizada do agente ambiental foi Amostra Pessoal, com o equipamento amostrador portado pelo empregado, e situado na zona corporal de interesse (zona respiratória).

3.10 FORMA AMOSTRAL UTILIZADA

A forma amostral utilizada foi Amostra Única de Período Completo, tomada sobre toda a base de tempo do limite de exposição, 8 horas (LE - média ponderada, NR-15 LT – Limite de Tolerância Legal) ou Amostras de Período Parcial, quando foi possível assegurar, pelo conhecimento das atividades e do processo, e pelo acompanhamento feito durante a amostragem, que a exposição ocupacional no período não amostrado era nula (exposição zero). Nesse caso, o valor médio ponderado no tempo para a jornada foi calculado considerando-se o tempo não amostrado como de exposição zero.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS INICIAIS RELATIVOS À PRESENÇA DE H_2S NO CAMPO ESTUDADO

Os monitoramentos ambientais realizados em pontos estratégicos das instalações do campo de petróleo resultaram em valores com ordem de grandeza diversificada a depender da proximidade da fonte de gás sulfídrico existente.

As medições em poços com anulares (bocais de ventilação do poço) abertos, portanto com grande emissão de H_2S , foram as que resultaram em alguns valores significativos, porém a aproximadamente um metro deles, os resultados das medições foram nulos.

Como os locais onde estão instalados os poços são cercados, mantendo uma distância mínima entre a cerca e o poço de 30 metros, com impedimento de entrada de pessoas não autorizadas, através destas medições foi verificado que a comunidade não se expõe a valores significativos de gás sulfídrico.

O resultado do monitoramento nos outros locais foram menores do que o limite de detecção do equipamento

Posteriormente foram realizadas medições da concentração de H_2S no fluido dos poços de petróleo e encontrados valores também significativos em alguns deles. O ambiente em torno destes poços que apresentaram valores maiores foram monitorados durante seis semanas e os resultados mostraram que medidas de controle seriam necessárias. Medições feitas próximas aos anulares dos poços e a distâncias de 1 metro a 2 metros nos mostrou que existe uma dispersão muito rápida do gás no ambiente, já que a concentração se tornava nula a uma distância de um metro do poço ou menos.

4.2 RESULTADO DA PESQUISA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO CAMPO DE PETRÓLEO ESTUDADO

O Campo estudado se encontra no Nordeste do território brasileiro.

De uma maneira geral as bacias costeiras do território brasileiro, ditas marginais, tiveram uma evolução geológica comum, iniciada com a separação dos continentes Americano e Africano e concomitante formação do Oceano Atlântico.

Há cerca de 130 milhões de anos, durante o Neocomiano (Cretáceo inferior), iniciou-se o fraturamento da crosta terrestre e o estabelecimento de várias bacias (MACHADO, 1991).

Segundo Machado (1991) um estudo do perfil geoquímico do H_2S em uma bacia pode ser fundamentado através da composição da rocha geradora, do conhecimento dos caminhos de migração visando detectar a presença de possíveis removedores de H_2S , da presença de fontes de enxofre, ação de bactérias, condições de temperatura, procura da existência de possíveis catalisadores, idade da acumulação, etc.

A ocorrência de H_2S de forma natural em poços pioneiros, como os do Campo de produção em estudo, é muito limitada. Camadas de anidrida ($CaSO_4$), principal fonte de enxofre para gerar H_2S em grande quantidade, ocorrem de forma muito localizada em pequenas espessuras (MACHADO, 1991).

O petróleo obtido na região em que o Campo em estudo faz parte, possui como característica marcante o alto teor de parafina.

Após longo período de exploração, alguns destes campos apresentam baixa produtividade. Em campos com esta característica, com o objetivo de aumentar a extração de petróleo, são realizadas algumas técnicas, entre elas a injeção de vapor ou de água nos reservatórios. A introdução de água do mar, rica em nutrientes e microorganismos, provoca nestes campos petrolíferos o aumento de gás sulfídrico (H_2S), devido à ação de microorganismos sulfatoredutores (OLIVEIRA FILHO; CAMAROTTI; MALTA, [2004]).

O Campo em estudo começou a produzir no final da década de 50.

Pelo fato do Campo ser muito antigo, denominado Campo Maduro, e devido ao alto teor de parafina no óleo produzido, foram utilizadas as técnicas citadas para

o aumento produção de óleo. Na década de 70 até o início da década de 80, eram realizadas injeções de água do mar nos reservatórios produtores, o que tornou o ambiente propício ao desenvolvimento das bactérias sulfato redutoras (BRS), tornando o problema crônico e histórico. Na década de 90, iniciou a injeção de CO₂ (gás carbônico) em uma zona deste Campo, proporcionando acidificação do meio com abaixamento do pH, melhorando ainda mais as condições para o desenvolvimento de BRS.

Na tentativa de minimizar as consequências para a saúde dos trabalhadores e das comunidades em torno das instalações, desde meados da década de 90, são feitos testes com produtos sequestrantes de H₂S no Campo. A partir de 2001, até os dias atuais, é realizada a injeção contínua deste produto nas linhas de produção.

4.3 RESULTADO DA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO DA ATIVIDADE AVALIADA

A figura 13, a seguir, mostra uma Análise Preliminar de Riscos na Higiene Ocupacional (APR-HO) realizada com um dos componentes do GHE escolhido para ser estudado neste trabalho. A atividade realizada por este GHE foi julgada como a de maior exposição do trabalhador ao gás sulfídrico. O modelo de APR-HO utilizado foi baseado em modelo proposto por FANTAZZINI, 2008.

Esta metodologia é usada para coletar informações relevantes para a antecipação e o reconhecimento dos riscos ambientais (FANTAZZINI, 2008).

Análise Preliminar de Riscos Ambientais para o PPRA									
APR-HO número: 1					Revisão:				
Empresa Manutec Ltda *			GHE: Movimentação de PIG		Data da Entrevista 15/10/09				
Setor / Local Manutenção			Cargo(s): Auxiliar		Coordenador/ Supervisor do GHE Alberto Souza *				
Nº de expostos 04			e Operador mantenedor.		Rubrica		Carimbo (ou mat.)		
Atividade/ Tarefa	Local	Freq./ Dura- ção	Risco / Potencial Agentes	Causa/ Fonte	Trajet. / Meio de Propag.	Efeito Potencial	Categ. de Risco	Medidas de Controle	E, F I ou NA
Deslocamento nas áreas operacionais, usando veículos automotores e visita aos poços verificando se os poços estão em conformidade.	Campo de produção de petróleo	275 min	Monóxido de carbono	Motor do veículo e combustão incompleta	Ar	Asfixia	1	Utilização de Proteção Respiratória Adequada	NA
			Ruído			PAIR		Protetor Auricular	
Realização de passagem e recuperação de PIG, utilizando ferramentas manuais.	Campo de produção de petróleo	55 min	Gás Sulfídrico (H ₂ S) Monóxido de carbono Metano	Poços produtores através do anular e da abertura da câmara de PIG.	Ar	Asfixia	3	Utilização de Proteção Respiratória Adequada e Detector portátil de H ₂ S	E
			Ruído			PAIR		Protetor Auricular	
Planejando as atividades a serem executadas e entrega de relatórios de ocorrência	Área Administrativa	90 min	Micro-organismos	Sistema de Climatização do ar	N/A	Desconforto Doenças próprias dos ambientes climatizados	1	Implement. do Programa da Qualidade do Ar Interno	F
Limpeza de PIG utilizando câmara de vapor d' água.	Estação de Tratamento de Óleo	60 min	Vapor d' água;	Abertura da câmara de vapor.	Ar	Sem evidências.	3	Utilização de Proteção Respiratória Adequada	E
			Gás Sulfídrico (H ₂ S) Monóxido de carbono Metano			Asfixia		Utilização de Proteção Respiratória Adequada e Detector portátil de H ₂ S	
			Ruído			PAIR		Protetor Auricular	
Elaborador:			Aprovador:			Data			

Figura 13 – Análise Preliminar de Riscos em Higiene Ocupacional

Fonte: A autora, (2009).

* = Nomes fictícios

I = Medidas de Controle Imediatas

E = Medidas de Controle Existentes

F = Medidas de Controle Futuras

NA = Medidas de Controle Não Aplicáveis

Foram feitas três APR-HO, uma para cada atividade julgada como as que apresentariam maiores exposições aos trabalhadores.

Fazem parte da APR-HO o registro dos riscos ambientais identificados na antecipação ou no reconhecimento, a especificação da causa da presença do risco ou a fonte que a produz e dos efeitos conhecidos da literatura técnica, podendo incluir dados indicativos de possível comprometimento de saúde, ou queixas existentes e as Categorias de Risco, que são definidas em função das consequências (efeitos), que vão definir prioridades básicas do PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) em termos de avaliação e controle.

Os momentos da atividade que geraram a maior classificação de Categoria de Risco, a Categoria 3, foram: Realização de passagem e recuperação de PIG, utilizando ferramentas manuais e Limpeza de PIG utilizando câmara de vapor d' água.

O fato de ter sido encontrada a categoria de Risco 3 para a atividade, nos alertou que esta atividade poderia ser a escolhida para o estudo, o que só ficou definido após análise das APR-HO dos outros dois GHE julgados também como os mais expostos ao gás sulfídrico e depois de serem realizados monitoramentos de parte de uma jornada de trabalho com cada atividade em momentos julgados como de maior exposição ao agente.

4.4 RESULTADO DO SORTEIO ALEATÓRIO

Utilizando a metodologia explicada no item 3.6 e retirando os dias atípicos (dias chuvosos e os dias de quarta-feira, por haver reunião durante parte da manhã), os dias de folga e os finais de semana, que não são dias trabalhados, encontramos os números marcados em vermelho no calendário mostrado na figura 14.

Os dias que não entraram no sorteio foram: 11 (quarta-atípico), 13 (chuvoso-atípico), 14 (sábado), 16 (chuvoso-atípico), 28 (sábado), 08 (feriado), 18 (quarta-atípico) e 25 (quarta-atípico).

NOVEMBRO - 2009						
D	S	T	Q	Q	S	S
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

DEZEMBRO - 2009						
D	S	T	Q	Q	S	S
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

Legenda:

	Dias que entraram no sorteio
XX	Dias Sorteados para Serem Avaliados
	Dias Atípicos
	Folgas, Finais de Semana e Feriados

Figura 14 – Informação dos dias monitorados
Fonte: A autora, (2009).

4.5 RESULTADO DO MONITORAMENTO

Os valores médios encontrados no monitoramento das jornadas de Trabalho foram 0 (zero) ppm, porém, durante o monitoramento foram verificados valores diferentes de zero, dentre eles, valores acima do Limite de Tolerância e dos valores máximos permitidos pela legislação Brasileira (LT = 8ppm ou 12mg/m³ e Valor Máximo Permitido = 12,9ppm) e pela ACGIH (TLV-TWA = 10 ppm e TLV-STEL = 15 ppm), como pode ser visto na Figura 15. Cada valor encontrado nesta Figura corresponde ao valor de um poço, já que a duração da atividade em cada poço não ultrapassa 10 minutos.

Os valores mostrados na Figura 15 são os únicos valores lidos no equipamento que foram diferentes de zero. Nos outros horários que não estão mostrados nela, os valores das leituras foram nulos.

Data	Horário (h)	Valor (ppm)	NR-15		ACGIH	TLV-STEL
			LT	Valor Máximo Permitido	TLV-TWA	
17/nov	09:43	3	8ppm ou 12mg/m ³	12,9ppm	10ppm	15ppm
	10:16	57				
	13:27	7				
19/nov	14:19	3				
20/nov		0				
23/nov		0				
1/dez	09:51	3				
	10:05	2				
	10:25	2				
	10:52	2				
7/dez	09:31	49				
	13:31	2				

Legenda:

	Valores que ultrapassaram os Limites de Tolerância ou o Valor Máximo Permitido do H ₂ S pela NR-15 ou pela ACGIH.
	Valores que ultrapassaram os Níveis de Ação do H ₂ S relativos aos Limites de Tolerância da NR-15 ou da ACGIH.

Figura 15 - Comparação dos valores medidos com os limites de tolerância

Fonte: A autora, (2010).

Durante a execução das atividades o trabalhador coloca o PIG em alguns poços (aproximadamente 13 poços por dia), levando uns cinco a dez minutos em cada poço e se deslocando para outro poço, no veículo, sem a exposição, para outro poço.

Como o monitoramento foi contínuo, com o equipamento preso próximo a zona respiratória do trabalhador, os valores diferentes de zero encontrados no monitoramento se tornaram desprezíveis quando entraram no cálculo da média. Ex: no dia 17, das 09:43h às 09:44h o trabalhador ficou exposto a 3 ppm; das 10:16h às 10:17h, ficou exposto a 57 ppm; de 13:27h às 13:28h ficou exposto à 7 ppm e em todos os outros 477 minutos a exposição foi 0 ppm.

A execução das atividades nos dias monitorados foram acompanhadas e foram gerados relatórios com anotações de toda a movimentação do empregado.

Como pode-se observar na Figura 15, os maiores valores encontrados foram: 57ppm e 49ppm.

No momento do monitoramento a velocidade do vento era mínima e não existia direção preferencial do mesmo.

Diante do resultado encontrado, para obtermos maiores informações para a implementação de medidas de controle, realizamos monitoramento de área em um dos dois poços onde foram encontrados os maiores valores.

O resultado deste monitoramento de área foi: 104 ppm a 1 cm do anular (onde existe a emissão do gás contendo o H_2S), 26 ppm a 15 cm do anular e 0 ppm a 25 cm do anular, o que nos mostrou novamente a fácil dissipação do gás no ambiente.

5 CONCLUSÃO

Como se pode observar, foram realizadas pesquisas sobre a origem e os compostos do petróleo, sobre a origem do H_2S , inclusive no campo de petróleo estudado, suas características físicas e efeitos fisiológicos ao homem e verificada a exposição de trabalhadores que executam uma das atividades naquele campo de petróleo.

O conhecimento sobre a proliferação das bactérias BRS e da necessidade de fonte de enxofre para que as reações aconteçam, mostrou para os gestores que todo o cuidado deve ser tomado para que os equipamentos que são utilizados no campo contaminado com as BRS sejam devidamente limpos e aerados antes de serem utilizados em outros campos de petróleo, principalmente naqueles que ainda não estão contaminados.

Ficou conhecido que o principal motivo da origem do H_2S no Campo estudado foi a introdução de água do mar para a melhoria da produção de óleo, propiciando nutrientes e um ambiente favorável para o desenvolvimento das BRSs, o que fortalece a decisão de não injetar mais este tipo de água nos reservatórios.

O gás sulfídrico pode afetar a saúde das pessoas que se expõem a ele de diferentes formas, a depender do tempo de exposição, da concentração do gás e da susceptibilidade individual do exposto. Houve um grande avanço na adoção de medidas de controle com a utilização deste conhecimento, dentre outros. A solicitação de investimentos para propiciar a proteção dos trabalhadores a este gás ficou mais fundamentada e foram conseguidas implantações com uma maior velocidade.

Devido à possibilidade do gás sulfídrico poder ficar no ambiente por um período significativo (1 dia no verão a 42 dias no inverno), devido à proximidade das comunidades em relação às instalações do campo de petróleo e conhecendo as conseqüências que este gás pode trazer para o homem, foram realizadas algumas medidas de controle imediatamente para a proteção da comunidade, como a instalação de tubulação nos anulares dos poços que apresentaram maiores concentrações de H_2S , interligadas a dispersor localizado em ponto estratégico, onde não atinge a comunidade nem os trabalhadores, sinalização do poços onde

existem emissão do gás e orientação para que a comunidade se afaste das instalações do campo de produção e comunique à empresa algum caso suspeito de vazamento de produto ou de emissão do gás, colocação, em locais estratégicos, de placas informando para as comunidades telefones para comunicação com a empresa em casos de constatação de anormalidades que possam estar relacionadas com a atividade da empresa, disponibilidade de meios de comunicação, para a evacuação da comunidade em caso de necessidade, como megafones e contato com as rádios locais.

Os resultados das avaliações quantitativas da exposição dos trabalhadores foram comparados com os valores dos limites previstos na NR-15 e com os limites de exposição ocupacional adotados pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Após o monitoramento, pode-se observar que em alguns momentos, as exposições deram muito acima do valor permitido para o LE - Valor Máximo, o que indica não-conformidade e a necessidade de serem tomadas medidas de controle imediatas.

Assim, pelo fato de terem havido picos acima do valor máximo permitido, uma análise técnica estatística dos picos encontrados também não faz sentido de acordo com o Manual da Niosh. Sabendo quando ocorrem os picos, as exposições agudas devem ser evitadas, tomando as medidas de controle adequadas.

O ideal é que sejam implementadas medidas para a eliminação do risco, priorizando as medidas que envolvam a fonte do risco ou que interfiram na trajetória, ou que implementem medidas administrativas, se for o caso e, por último, somente em casos onde as formas preventivas e corretivas citadas não forem possíveis, devem ser adotados Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) como medidas definitivas, porém, sabendo de todos os problemas causados pelo H_2S , é necessário que algumas medidas de controle sejam adotadas imediatamente para os empregados que compõem o GHE analisado, e que sejam realizadas outras ações para os demais empregados do Campo de petróleo estudado.

A principal medida de controle adotada imediatamente nos trabalhadores do GHE analisado foi uso de proteção respiratória adequada, conforme explicação do parágrafo seguinte, e porte de monitor individual de H_2S , com alarme programado para soar em 8 ppm e em 15 ppm.

Como os valores de exposição encontrados que foram diferentes de zero, não ultrapassaram um minuto e foi no máximo 57ppm, o trabalhador poderá utilizar máscara semi-facial com filtro químico para vapores orgânicos e gases ácidos, apenas para fuga e obedecendo a orientação de, quando o detector alarmar, se afastar do poço, se dirigir para um local bem ventilado fora da área de risco, isolar a área e chamar a Segurança Industrial para que seja realizado um monitoramento do local e seja verificada a concentração do agente para que seja determinada a forma mais segura de realizar a atividade naquele local. O filtro químico deve ser trocado a cada exposição acima de 8ppm detectada.

Se for definido que a atividade deve ser executada mesmo com a presença de H_2S , deve ser utilizado equipamento de adução de ar, pois o H_2S é um gás com fracas propriedades de alerta, seu cheiro não pode ser indicativo de que o filtro está saturado, pois este gás inibe o olfato quando está em elevadas concentrações.

Esta ação também deve ser adotada para os empregados dos outros GHEs que possuem exposição ao H_2S enquanto não obtiver resultados de análise mais aprofundadas realizadas com estes grupos.

Outras ações foram adotadas, entre elas:

- a) injeção de Sequestrantes de H_2S para a diminuição da concentração do gás nos poços;
- b) fechamento dos anulares dos poços em que ele é aberto;
- c) planejamento para monitoramento de área nos locais de armazenamento de óleo, onde o gás é emanado pelos domos dos tanques e verificação da necessidade de colocação de detectores contínuos da presença do gás e plano de evacuação, incluindo treinamento dos empregados;
- d) instrução da Força de Trabalho e das comunidades circunvizinhas sobre os riscos e as formas de prevenção relativas ao H_2S ;
- e) instrução da força de trabalho sobre o uso correto da proteção respiratória e dos detectores e não permissão de realização de tarefas em locais com possibilidade de emanação de H_2S por pessoas que não sejam devidamente instruídas;
- f) treinamento do pessoal para que esteja preparado para o atendimento a emergências quando necessário;

- g) auditoria dos empregados que trabalham nas instalações com possibilidade de emissão de H_2S , testando a vedação de suas máscaras, exigindo a comprovação de execução do teste, verificando o controle dos filtros químicos (validade, data de abertura da embalagem, que deve estar registrada no corpo do filtro), comparando a exposição registrada no equipamento monitor com o horário de troca do filtro, que também deve ser registrado no corpo do filtro;
- h) ter disponível e em local de rápido e fácil acesso equipamento portátil de adução de ar respirável nas instalações onde existe a possibilidade de emissão do gás;
- i) entregar máscaras de fuga para as pessoas externas que forem adentrar nas instalações operacionais do Campo e que não necessitam do uso de proteção respiratória segundo avaliação da Segurança Industrial;
- j) instalar placas de sinalização indicando a possibilidade de presença de H_2S nos locais com estas características;
- k) manter meios de comunicação entre os trabalhadores e as pessoas designadas para o atendimento a emergência;

Com este trabalho, foi conseguida a ampliação dos conhecimentos sobre o gás sulfídrico e sua relação com o campo de petróleo estudado.

Conhecendo a origem do gás sulfídrico, suas características, suas relações com o ambiente, com os equipamentos e, principalmente, com o homem e as medidas de controle para os riscos, os trabalhadores passaram a executar suas atividades sabendo que sua saúde está sendo preservada, os gestores estão com mais segurança para decidirem sobre métodos de trabalho e medidas de controle e as comunidades foram tranquilizadas, sabendo que estão protegidas.

REFERÊNCIAS

ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists: **Limites de Exposição (TLVs) para substâncias Químicas e Agentes Físicos e Índices Biológicos de Exposição (BEIs)**. Cincinnati, Ohio; 2007. Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais: São Paulo (SP); 2007.

BESSEMS, E. **The prevention of H₂S produced by sulphate reducing bacteria during oil production**. Germany: SPE, 1982.

BR DISTRIBUIDORA. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em:
<<http://www.br.com.br/wps/portal/PortalDeConteudo>>. Acesso em: 19 fev. 2010.

BRASIL. **Norma regulamentadora n.º 15 de 08 de junho de 1978, atividades e operações insalubres**. Ministério do Trabalho e Emprego, Brasília, DF, 8 jun. 1978. Disponível em:
<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2010.

_____. **Norma regulamentadora n.º 9 de 08 de junho de 1978, programas de prevenção de riscos ambientais**. Ministério do Trabalho e Emprego, Brasília, DF, 8 jun. 1978. Disponível em:
<http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_09_at.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2010.

CASTRO, L. O. C. O. Estudo preliminar da ocorrência de gás sulfídrico na bacia de Potiguar – nordeste do Brasil. **Boletim de geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2-4, p. 265-276, abr./dez. 1995.

_____. Fatores controladores da ocorrência de gás sulfídrico na bacia de Potiguar – nordeste do Brasil e suas implicações. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DE OPERAÇÕES GEOLÓGICAS, 3., 1991, Cabo Frio. [Anais...] Cabo Frio: Petrobras. 1991. v. 2. p. 650-669.

COLACIOPPO, S. **Treinamento em higiene ocupacional: EHO-004**. São Paulo: USP, 2008.

ESTADOS UNIDOS. AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological profile for hydrogen**: applied toxicology branch. Atlanta, 2006.

ESTON, S. M. **Treinamento em higiene ocupacional**: EHO-001. São Paulo: USP, 2008.

FANTAZZINI, M. L. **Treinamento em higiene ocupacional**: EHO-006. São Paulo: USP, 2008.

FANTAZZINI, M. L. **Treinamento em higiene ocupacional**: EHO-011. São Paulo: USP, 2008.

_____. **Treinamento em higiene ocupacional**: EHO-011. São Paulo: USP, 2008.

MACHADO, M. A. P. M. Análise preditiva da presença de H₂S nas bacias brasileiras. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DE OPERAÇÕES GEOLÓGICAS, 3., 1991, Cabo Frio. **[Anais...]** Cabo Frio: Petrobras, 1991. v. 1. p. 111-120.

MAINIER, F. B.; ROCHA, A. A. H₂S: novas rotas de remoção química e recuperação de enxofre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE P&D EM PETRÓLEO E GÁS, 2., 2003, Rio de Janeiro. **[Anais...]** Rio de Janeiro: UFRJ, 2003. 421 p.

MAINIER, F. B.; VIOLA, E. D. M. O sulfeto de H₂S e o meio ambiente. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 2., 2005, Rio de Janeiro. **[Anais eletrônicos...]** Rio de Janeiro: SEGet, 2005. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/artigos05/261_H2S.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2009.

NATIONAL INSTITUTE OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **Publication n.º 77-173**: Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. Georgia, 2005.

OLIVEIRA FILHO, J. P. S.; CAMAROTTI, A. J.; MALTA, D. S. H. **Sequestro de H₂S em campos maduros de petróleo**. Pernambuco: UNICAP, [2004]. 6 p.

PENNA, M. O.; OLIVEIRA, H. B.; SILVE, E. D. Avaliação da atividade metabólica (produção de H₂S) de culturas mistas de bactérias redutoras de sulfato (BRS). **Boletim Técnico Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 3-4, jul./dez. 2003. p. 208-219.

THOMAS, J. E. **Fundamentos da engenharia do petróleo**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 272 p.

TORLONI, M.; VIEIRA, A. V. **Manual de proteção respiratória**. São Paulo: ABHO, 2003. 518 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR. **Oil and Gas Well Drilling and Servicing e Tool**. Washington, 2009. Disponível em:
<http://www.osha.gov/SLTC/etools/oilandgas/general_safety/appendix_a.html>. Acesso em 22 nov. 2009.

UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR. **OSHA quick card: hydrogen sulfide (H₂S)**. Washington, 2009. Disponível em:
<http://www.osha.gov/Publications/hydrogen_sulfide.html>. Acesso em 22 nov. 2009.