

LUÍS PHILIPPE ALVES FORMIGONI

**AVALIAÇÃO DA DEFASAGEM DA NORMA REGULAMENTADORA  
15 EM RELAÇÃO AOS PRINCIPAIS AGENTES QUÍMICOS  
ATUANTES NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Campo – SMS, PROMINP, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Especialização em Engenheiro de Campo SMS.

Orientador: Professor Alessandro Rodrigues

LUÍS PHILIPPE ALVES FORMIGONI

**AVALIAÇÃO DA DEFASAGEM DA NORMA REGULAMENTADORA  
15 EM RELAÇÃO AOS PRINCIPAIS AGENTES QUÍMICOS  
ATUANTES NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Campo – SMS, PROMINP da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Especialização em Engenheiro de Campo SMS.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Professor Alessandro Rodrigues  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

Professor Daniel Rigo  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Examinador 2

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof<sup>o</sup>. Alessandro Rodrigues, pela atenção e pelo empenho em nos guiar até o fim deste trabalho, e especialmente por ter contribuído e acreditado em nossa formação acadêmica.

Aos pais, pelo incentivo e apoio, por terem acreditado, e pela educação que nos foi dedicada.

A todos os colegas do curso de Engenharia de Campo – SMS da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, bem como aos profissionais desta instituição, que compartilharam conosco todos os momentos de nossa vida acadêmica.

Ao Prof<sup>o</sup>. Luciano Rubim Franco pela solicitude e atenção.

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a elaboração deste trabalho, e àqueles que virão a apreciá-lo.

## RESUMO

O presente trabalho descreve algumas doenças ocupacionais advindas da exposição a compostos químicos aos quais os trabalhadores e a própria indústria do setor de petróleo e gás devem estar atentos. Há uma falta de informação existente sobre a variedade e a magnitude da exposição a substâncias químicas desta indústria. Complementar a isto, constata-se a defasagem dos limites de tolerância a agentes químicos vigentes na legislação brasileira que foram estabelecidos pela Norma Regulamentadora nº 15 no final da década de 1970. A proposta deste trabalho é apresentar uma análise crítica destes índices, realizada através de pesquisa bibliográfica voltada à evolução do conhecimento científico relacionado aos limites de tolerância, bem como a dados obtidos da exposição de trabalhadores a alguns agentes específicos, com o objetivo de avaliar os conceitos e os valores vigentes na legislação brasileira, principalmente aos compostos químicos aos quais os trabalhadores do setor de petróleo e gás estão expostos.

**Palavras-chave:** Riscos Químicos no Trabalho, Limites de Exposição Ocupacional, Doenças Ocupacionais, Compostos Químicos.

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	6
2	Objetivo.....	9
2.1	Objetivo Geral.....	9
2.2	Objetivos Específicos .....	9
3	Revisão de Literatura .....	10
3.1	Emissões Atmosféricas .....	11
3.2	Impactos na Saúde do Trabalhador.....	13
3.2.1	Benzeno.....	13
3.2.2	Mercúrio.....	14
3.2.3	Compostos de Enxofre .....	15
3.2.4	Álcoois .....	17
3.2.5	Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP) .....	17
3.2.6	Gases efluentes da queima de diesel .....	18
3.3	Avaliações Ambientais .....	19
3.3.1	Limites de Tolerância - TLV – Threshold Limit Value .....	20
3.3.2	TLV-TWA – Threshold Limit Value - Time Weighted Average .....	21
3.3.3	TLVs: Critérios e Divergências.....	21
3.3.4	Defasagem da Norma Regulamentadora 15.....	22
4	Metodologia .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
4.1	Levantamento Bibliográfico .....	24
4.2	Avaliação Quantitativa .....	24
4.3	Avaliação Comparativa.....	27
5	Resultados e Discussão .....	29
5.1	Gerenciamento de riscos .....	30
5.2	Agentes químicos não contemplados na NR 15 .....	32
5.3	Defasagem de limites de tolerância existentes .....	32
6	Conclusão .....	35
7	Recomendações para estudos futuros.....	36
8	Referências .....	37

## 1 INTRODUÇÃO

Dados seus perigos inerentes, especialmente os de explosão, fogo e produtos químicos, as companhias de petróleo e gás são locais de trabalho fortemente regulamentados. Permissões de trabalho sempre devem ser obtidas e seguidas na realização das atividades diárias, bem como práticas de campo, avisos e procedimentos de emergência devem ser observados em todos os momentos.

Ao longo dos anos o petróleo constituiu-se numa das mais importantes fontes de energia e matéria prima disponível para o homem. Sob variadas formas, o mundo assiste ao crescimento incessante de sua exploração, notavelmente após a Segunda Guerra Mundial (SILVA, 2011). Além de fonte energética, as propriedades poliméricas do petróleo permitem à derivação de inúmeros subprodutos, como o plástico, por exemplo.

O petróleo bruto é uma mistura complexa de milhares de diferentes hidrocarbonetos e quantidades variáveis de outros compostos contendo enxofre, nitrogênio e oxigênio, bem como sais, traços de metais e água (NURENE, 2008). Óleos brutos podem variar a partir de um líquido claro, semelhante a gasolina, a um material espesso ao qual há a necessidade de ser aquecido para fluir através de um duto.

A exploração deste mineral acarreta em impactos ambientais e a discussão em torno das emissões atmosféricas advindas da atividade está cada vez mais em pauta no planejamento das metas de minimização destes impactos nas indústrias petroquímicas e refinarias.

Os diversos processos, desde a extração até o refino, ou mesmo a distribuição em postos combustíveis, permitem que gases sejam liberados e que vários químicos sejam separados do óleo bruto. A partir daí, trabalhadores expostos aos produtos químicos produzidos e usados na indústria de petróleo e gás podem desenvolver doenças ocupacionais que atingem os pulmões, pele, e outros órgãos, dependendo da concentração e tempo de exposição a tais compostos.

No Brasil, a Lei 6.514, de 22 de dezembro de 1977, altera o disposto no Capítulo V, Título II da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e a Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978, aprova as Normas Regulamentadoras (NRs) sobre segurança e medicina do trabalho. A Portaria nº 25, de 29 de dezembro de 1994, instituiu uma nova abordagem para a melhoria das condições

e do meio ambiente de trabalho, seguindo os princípios científicos da Higiene Ocupacional e sistematizando ações de controle dos riscos ocupacionais, através da NR 09.

A Norma Regulamentadora nº 9, do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

Efetivamente, não havia controle das exposições ocupacionais aos riscos ambientais e, no início dos anos 90, enquanto as taxas de acidentes de trabalho típicos começavam a cair, as taxas de incidência de doenças ocupacionais mostravam uma tendência a se manterem estáveis ou até aumentarem nos anos seguintes (SILVA, 2008). Essa e outras questões mobilizaram o MTE a alterar o texto da NR 09, obrigando os empregadores a implantarem o PPRA e, assim, pela 1ª vez os Limites de Tolerância (TLVs) da American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH – em português, Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais), são citados na legislação brasileira.

O desenvolvimento do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais envolve antecipação, o reconhecimento, a avaliação e o controle dos riscos ambientais. Na etapa de controle dos riscos ambientais, cita que deverão ser adotadas as medidas necessárias suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais sempre que forem verificadas uma ou mais das seguintes situações: identificação, na fase de antecipação, de risco potencial à saúde; constatação, na fase de reconhecimento de risco evidente à saúde; 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, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos; 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.

Como é de se esperar, a defasagem entre os valores adotados em 1978 para valores limites de exposição e aqueles atualizados anualmente pela ACGIH é grande para alguns casos, a somar-se ainda a falta da abordagem mais recente a agentes químicos não listados em nossa norma.

Em agosto de 2012 houve uma proposta de texto para alteração da NR 15, divulgada para Consulta Pública pela Portaria SIT nº 332, de 28 de agosto de 2012 para coleta de sugestões da sociedade, em conformidade com a Portaria MTE nº 1.127, de 02 de outubro de 2003, ainda sem os anexos incluídos.

Em depoimento de Rocha *et al.* (2011), que fez uma pesquisa de campo junto a profissionais que trabalham diretamente na elaboração e revisão da legislação brasileira de segurança do trabalho, cita-se que apesar das estratégias a serem utilizadas enquanto perdurar a desatualização dos limites de tolerância da NR 15, os representantes das bancadas do governo e do empresariado opinam favoravelmente à consideração dos limites adotados nos países mais industrializados, sendo que representações do governo foram mais precisos ao recomendar a utilização automática dos limites atualizados periodicamente pela ACGIH. Ainda segundo Rocha *et al.* (2011), na opinião dos representantes das centrais sindicais, deveria haver uma ação articulada entre outras legislações relacionadas ao tema da prevenção de doenças nas empresas, para que as consequências da defasagem da NR 15 pudessem ser atenuadas.

A relevância do presente estudo está relacionada aos riscos de doenças ocupacionais decorrentes da exposição de trabalhadores a agentes químicos em concentrações superiores àquelas que são recomendadas pelo conhecimento científico desenvolvido nessa área específica da Higiene Ocupacional.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar e comparar parâmetros de publicações internacionais atuais aos valores de limite de tolerância dispostos pela NR 15, de modo a justificar a necessidade de sua atualização.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Exemplificar as emissões atmosféricas advindas das atividades da indústria de petróleo;
- Avaliar riscos à saúde do trabalhador;
- Identificar limites de exposição aplicáveis;
- Estudar um caso de avaliação quantitativa de exposição a trabalhadores do setor.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Os solventes orgânicos são compostos essenciais para o desenvolvimento industrial e estão presentes nos diferentes tipos de atividades como, por exemplo, na pintura, nas gráficas, mecânicas, pavimentações, postos de combustíveis e muitos outros setores. Em contrapartida, essas substâncias podem causar sérias consequências à saúde física e mental dos sujeitos expostos, ocasionando perda na percepção visual (GOBBA & CAVALLERI, 2003; SAMPLE *et al.*, 2000), deficiências neurocognitivas (CHEN *et al.*, 2001; DICK *et al.*, 2004, *apud* CAMPOS NETO, 2013), alterações hepáticas (HINRICHSEN *et al.*, 2004, *apud* CAMPOS NETO, 2013), entre outras.

A Norma Regulamentadora 15, que versa sobre insalubridade, define os limites de tolerância para 206 vapores químicos no ambiente de trabalho. Contudo, para outras substâncias que não estão presentes na norma brasileira, como é o caso da gasolina, o Ministério do Trabalho e Emprego recomenda a utilização dos limites citados da Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais. Essa opção feita pelo governo recebeu inúmeras críticas dos profissionais da área da toxicologia ocupacional brasileira, principalmente porque não leva em consideração certas peculiaridades como composição do produto e clima, que são muito diferentes (QUELHAS & GOMES, 2011; VASCONCELOS, 1995, *apud* CAMPOS NETO, 2013).

Oficialmente a adoção dos critérios de insalubridade é de caráter temporário. Já na implantação da CLT, em 10 de maio de 1943, pelo Decreto Lei 5.452, ao incorporar o quadro de “indústrias insalubres” (criado pela Portaria SMC 51, de 13 de abril de 1939) havia a previsão de que as condições insalubres “poderiam ser eliminadas pelo tempo limitado da exposição ao tóxico, pela utilização de processos, métodos ou disposições especiais, ou ainda pela adoção de medidas, gerais ou individuais, capazes de defender e proteger a saúde do trabalhador” (ABHO, 2004).

Ainda não são encontrados no Brasil muitos estudos que avaliem o nível de exposição ambiental para os químicos aos quais estão expostos os trabalhadores do setor de petróleo e gás. Essas medições são importantes para realizar explicações causais relacionadas aos limites de tolerância, permitindo comparações mais precisas entre os estudos (MEYER-BARON *et al.*, 2008 *apud* CAMPOS NETO, 2013).

Também, durante a pesquisa para a concepção deste trabalho, não foram encontradas investigações científicas relativas às consequências neurocognitivas especificamente para os trabalhadores da indústria em questão. Essa avaliação é de grande importância, já que foram constatadas consequências neurocognitivas em razão da sujeição a solventes orgânicos utilizados em atividades do setor (DICK *et al.*, 2004; MEYER-BARON *et al.*, 2008 *apud* CAMPOS NETO, 2013).

A exploração de reservas de petróleo e gás natural está aumentando rapidamente ao redor do mundo. Nos Estados Unidos, por exemplo, subiram em 63% a exploração de óleo e em 17% as reservas de gás natural de 2009 para 2010, devido, em grande parte à nova acessibilidade a formações de xisto betuminoso usando perfuração horizontal e alto volume de faturamento hidráulico (tecnologias HVHF) (United States Energy Information Administration, 2010,2011, 2012, 2014A, b, *apud* WITTER *et al.*, 2014). No mesmo sentido segue o Brasil com as descobertas dos depósitos do pré-sal.

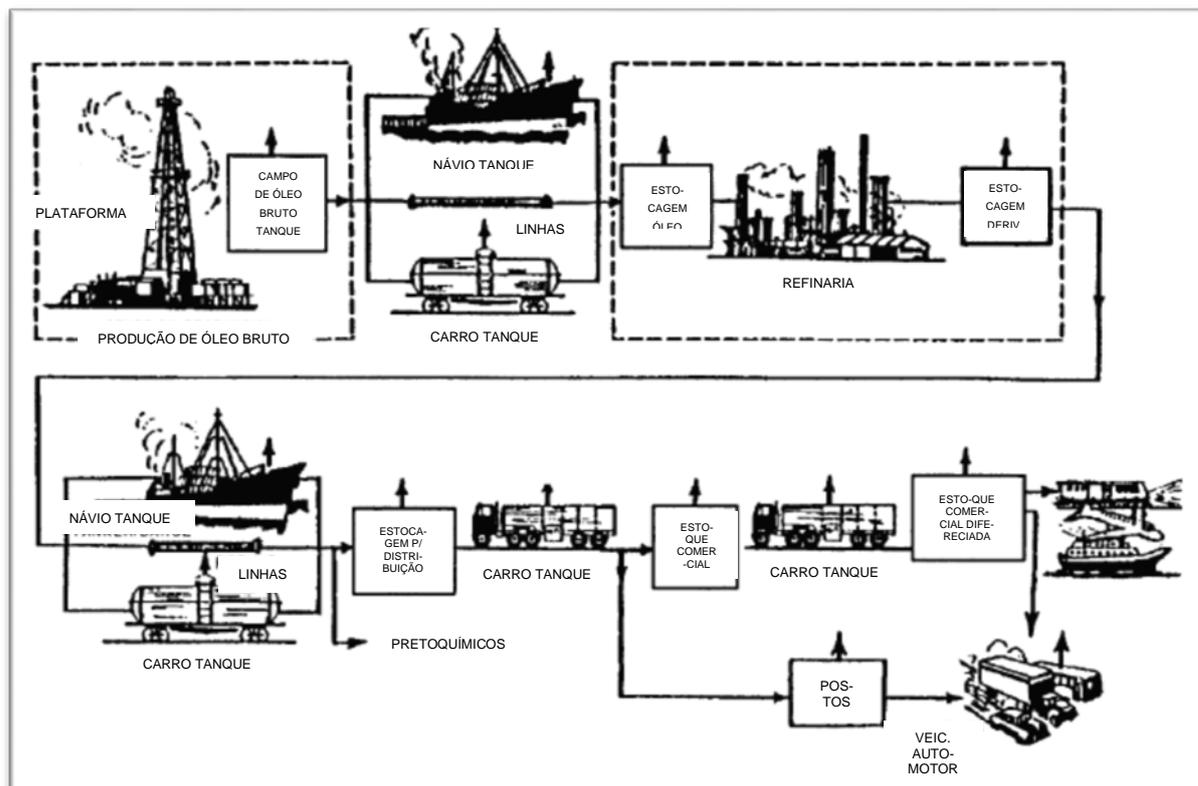
Por causa da mortalidade ocupacional na indústria de extração de petróleo e gás, há preocupações de que o rápido crescimento e as novas tecnologias podem aumentar ou alterar a natureza do risco para os trabalhadores da indústria do petróleo e gás (MODE e CONWAY, 2008, *apud* WITTER *et al.*, 2014). Por isso, existe a necessidade de caracterizar os riscos, identificar soluções e descobrir lacunas de pesquisa para que a saúde ocupacional e segurança neste setor da indústria em crescimento possa ser abordado.

### **3.1 Emissões Atmosféricas**

Conforme mencionado, as discussões em torno das emissões atmosféricas estão cada vez mais em pauta no planejamento das metas ambientais das indústrias petroquímicas e refinarias. Muitas das empresas do setor têm se mostrado preocupadas com as perdas envolvidas nas emissões de compostos orgânicos voláteis (COVs – ou VOC's, em inglês) compostos sulfurados, nitrogenados e partículas totais em suspensão (PTS) para a atmosfera. As consequências destas perdas vão desde os efeitos nocivos que estas substâncias orgânicas causam à saúde do trabalhador e ao meio ambiente até as grandes perdas financeiras envolvidas, uma vez que toneladas de produtos são lançados na atmosfera. Além disso, cada vez mais as empresas têm sido cobradas pelos órgãos ambientais para um maior controle sobre essas fontes poluidoras.

Numa refinaria de petróleo, por exemplo, vários são os odorantes oriundos das mais diversas etapas de refino (EPA, 2008). De modo geral, tais emissões incluem material particulado, hidrocarbonetos e outros compostos gasosos, principalmente óxidos de enxofre e nitrogênio, aldeídos, ácidos orgânicos, amônia, gás sulfídrico, etc.

Conforme mostra a Figura 3.1, essas emissões ocorrem desde a etapa de extração do petróleo, passando pelas etapas de carga/descarga, transporte, refino e transformação na indústria petroquímica, até chegar na etapa de comercialização, ou seja, distribuição e consumo final (EPA, 2008). Ao longo deste percurso, as maiores fontes potenciais de emissão de COVs ocorrem durante as operações de carregamento e descarregamento de derivados líquidos de petróleo em caminhões-tanque e vagões-tanque, nas ilhas de carregamento, e de embarcações nos terminais marítimos. Daí então a necessidade de se controlar estas emissões, uma vez que essas operações são realizadas na maioria das vezes abertas para a atmosfera.



**Figura 3.1: Etapas de produção de petróleo, refino, transformação e distribuição (as setas indicadas para cima referem-se aos pontos de emissão)**

Fonte: EPA (2008)

São nestas ilhas de carregamento e terminais marítimos que ocorrem a distribuição e recebimento de matérias-primas para refinarias, indústria petroquímica e de transformação,

além dos produtos derivados de petróleo (ex.: gasolina, querosene, óleo destilado, etc.) para consumo final.

Compostos orgânicos derivados do petróleo constituem um dos maiores problemas de poluição do ar. Dentre eles, encontram-se os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno), que são constituintes do petróleo.

Os compostos orgânicos voláteis pertencem a uma classe de substâncias na qual o carbono está ligado ao hidrogênio ou a outros elementos, e cuja pressão de vapor na temperatura ambiente é maior que 0,01 psi (0,0007 atm) e ponto de ebulição vai até 260 °C (HUNTER & OYAMA, 2000). A maior parte dos compostos orgânicos com menos que 12 átomos de carbono são considerados COVs. A EPA define um COV como um composto de carbono que participa de reações fotoquímicas na atmosfera, excluindo, entretanto, o carbono puro, metano, etano, carbonatos, carbono ligado a metal, CO e CO<sub>2</sub> (HUNTER & OYAMA, 2000).

É sabido que as emissões de COVs durante as operações de carga e descarga de derivados líquidos de petróleo em caminhões-tanque, vagões-tanque e embarcações se dão por evaporação e principalmente pela exaustão através do topo dos tanques de carga. E as correntes gasosas que saem do topo destes tanques possuem 15-50% em volume/volume (v/v) de compostos orgânicos, sendo que após passarem por um sistema de recuperação, este percentual cai para valores menores que 5-8% v/v (NKK, 1989, *apud* ASSUNÇÃO, 2003).

## **3.2 Impactos na Saúde do Trabalhador**

Há diversos agentes químicos atuantes na indústria de petróleo e gás, nas diversas etapas do processo produtivo. Alguns serão detalhados a seguir em relação aos possíveis impactos a saúde dos trabalhadores quando expostos sem o devido controle ocupacional.

### **3.2.1 Benzeno**

O benzeno ou anel benzênico é considerado o composto fundamental de seus derivados (tolueno, etilbenzeno e xilenos), que possuem o hidrogênio do anel do benzeno substituído por grupos metil (-CH<sub>3</sub>) ou etil (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>). As iniciais desses compostos formam a sigla BTEX, comumente encontrada na literatura (CAMPOS NETO, 2013).

O benzeno é uma substância cancerígena bem estabelecida com relação direta a casos de leucemia, bem como os cânceres de mama e do trato urinário. A exposição ao benzeno reduz a produção de glóbulos vermelhos e brancos na medula óssea; diminui a função de células autoimunes (células T e células B); e tem sido associada a anomalias na cabeça dos espermatozoides e aberrações cromossômicas generalizadas (LIEBER, 2013).

O benzeno é um dos solventes petroquímicos de maior volume utilizados na indústria dos combustíveis fósseis. É um componente importante em todas as principais indústrias para produção de combustíveis fósseis: petróleo, carvão e gás.

As pessoas estão expostas a ele por inalar gases de escape de automóveis e vapores de gasolina, e na queima industrial, como na combustão de petróleo e carvão.

Estudos ligam o benzeno da queima de combustíveis fósseis ao câncer e outros problemas de saúde graves relatados cada vez mais ao redor todo o mundo. Em Atlanta, cientistas da Universidade de Emory, no início de 2013, registraram um "aumento significativo" no linfoma não-Hodgkin em regiões próximas a refinarias de petróleo e plantas que liberam benzeno. No Canadá, cientistas relataram invulgarmente altas taxas de leucemia e linfoma não-Hodgkin entre os moradores que vivem nas proximidades dos campos de rochas betuminosas em Alberta - correspondente com altos níveis de benzeno encontrados nos mesmos locais. Em Calcutá, Índia, pesquisadores recentemente ligaram "picos" bruscos de certos tipos de câncer a um aumento correspondente das emissões de benzeno desde 2007 (LIEBER, 2013).

Os danos que o benzeno inflige sobre o corpo humano, no entanto, levam anos para se desenvolver, mesmo esses efeitos sendo catastróficos.

### 3.2.2 Mercúrio

Mercúrio é um componente natural que pode ter concentração bem variável, dependente da origem do petróleo e gás, características geológicas e idade do depósito. Normalmente é liberado em forma de vapor de depósitos geológicos devido ao aquecimento ou pressurização durante a operação de extração, misturando-se ao petróleo e ao gás. No óleo cru, as concentrações de mercúrio variam de 0,01 ppb a 10 ppm, estando presente em diferentes formas químicas (WILHELM & BLOOM, 2000).

Após a extração do petróleo e com o conseqüente resfriamento, o mercúrio condensa e só será despreendido na forma de vapor novamente quando equipamentos impregnados sejam submetidos a reparos ou manutenção, expondo o trabalhador aos seus riscos.

Também é um componente de compostos químicos usados como reagentes químicos, em tintas protetoras de cascos de navio e pigmentos e corantes (atualmente em desuso).

O mercúrio é uma neurotoxina perigosa, que danifica o cérebro e o sistema nervoso por inalação, ingestão ou contato com a pele. É especialmente perigoso para mulheres grávidas e crianças, e sabe-se que pode interromper o desenvolvimento do cérebro dos fetos. Em doses baixas, o mercúrio pode afetar o desenvolvimento da criança, atrasando andar e falar, encurtando a atenção, e causando dificuldades de aprendizagem. Altas doses de exposições ao mercúrio a pré-natais e crianças podem causar retardo mental, paralisia cerebral, surdez e cegueira. Em adultos, a intoxicação por mercúrio pode afetar negativamente a fertilidade e regulação da pressão arterial, além de perda de memória, tremores, perda de visão e dormência dos dedos das mãos e dos pés (WILHELM & BLOOM, 2000).

### 3.2.3 Compostos de Enxofre

O sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ) é comumente encontrado em depósitos de petróleo e gás. Normalmente, trabalhadores do setor estão expostos a este contaminante quando executam suas atividades em poços de gás natural, refinarias (onde o  $H_2S$  é removido do gás natural e óleo), e em dutos de óleo bruto (WITTER *et al.*, 2014).

O  $H_2S$  é um gás muito tóxico, que não tem cor, mas cheira como ovos podres. Em grandes quantidades, o sulfeto de hidrogênio rapidamente bloqueia o sentido do olfato. É por isso que o odor não deve nunca ser usado para indicar níveis de  $H_2S$ . O gás pode irritar os olhos, nariz, garganta e pulmões (MACHADO, 2011).

O  $H_2S$  em excesso pode interromper o centro respiratório no cérebro, e pode causar a morte. Pode ser possível reanimar a vítima, mas somente se os primeiros socorros forem aplicados adequadamente e rapidamente. O sulfeto de hidrogênio se dissolve em água e óleo, e pode ser liberado quando esses líquidos são aquecidos, despressurizados, ou agitados (WITTER *et al.*, 2014).

Como o  $H_2S$  é mais pesado que o ar, pode se estabelecer em galerias subterrâneas e próximo ao solo. Isso pode representar riscos ao entrar nas áreas onde o gás estiver presente. O sulfeto de hidrogênio queima e explode facilmente. Quando queima, emite dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), outro gás que é perigoso tóxico, de cheiro forte e irritante.

O Centro Canadense de Saúde Ocupacional (Canadian Centre for Occupational Health), por exemplo, tarja o dióxido de enxofre como "extremamente tóxico". Em altas concentrações, pode causar risco de vida devido ao acúmulo de líquido nos pulmões (edema pulmonar); e está ligada a doenças respiratórias, incluindo a doença pulmonar crônica e asma, bem como doenças do coração. Pode ser fatal após inalação com taxas de exposição elevadas (LIEBER, 2013).

O  $SO_2$  é particularmente perigoso para as crianças. Estudos correlacionam as emissões de  $SO_2$  de refinarias de petróleo – mesmo em níveis de exposição inferiores ao longo do tempo – às maiores taxas de asma infantil em crianças que moram ou frequentam a escola na proximidade dessas refinarias (MOOLGAVKAR *et al.*, 1995).

As maiores fontes globais combinadas para emissão de  $SO_2$  e  $NO_x$  advêm da queima de combustíveis fósseis em usinas de energia e outras instalações industriais.

O Jornal Americano de Saúde Pública (American Journal of Public Health) publicou relatórios em 2009 indicando que níveis elevados de dióxido de enxofre, associados à refinação de petróleo, foram encontrados dentro de residências em Richmond, CA, uma comunidade que atravessa quatro grandes refinarias de petróleo, incluindo uma enorme refinaria de petróleo da Chevron. A refinaria processa até 240 mil barris de petróleo por dia. Somente em 2010, esta refinaria lançou 261 toneladas de produtos químicos, incluindo  $SO_2$ , à atmosfera, à água e em resíduos industriais. Esta estimativa pode justificar o fato de que os moradores de Richmond podem sofrer riscos estatisticamente maiores de morrer de doenças cardíacas e acidentes vasculares cerebrais e são mais propensos a ir aos hospitais devido a asma do que quaisquer outros residentes de condados próximos (LIEBER, 2013).

Por outro lado, um estudo realizado na França relata uma redução significativa nas visitas hospitalares relacionados com a exposição  $SO_2$  durante o período de uma greve nacional nas refinarias de petróleo da França, quando a produção de petróleo cessou temporariamente, consequentemente fazendo com que as emissões de  $SO_2$  caíssem (LIEBER, 2013).

### 3.2.4 Álcoois

De acordo com Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico - FISPQ (2010) disponibilizada pela empresa estudada, os álcoois, como metanol e etilenoglicol, são normalmente encontrados puros na indústria de petróleo e gás. Devido à sua baixa pressão de vapor, concentrações tóxicas não ocorrem normalmente no ar, à temperatura ambiente. O risco pode existir apenas quando o produto for utilizado a quente ou sob agitação, quando se pode formar névoa do produto. Nos casos de inalação de vapores com concentrações elevadas do produto podem ocorrer intoxicações com sintomas similares aos observados por ingestão.

O contato com a pele não tem ação irritante e significativa durante contatos breves. Contatos mais prolongados podem causar desengorduramento, ressecamento e rachaduras. Já contatos repetidos podem causar dermatites e queimaduras. No entanto, o contato com os olhos pode ser leve a moderadamente irritante.

O maior problema dos álcoois em relação à saúde do trabalhador está relacionado com a ingestão do químico. O produto pode causar efeitos sobre o sistema nervoso central, provocando ataxia, sonolência e dificuldades respiratórias. Pode causar também danos aos rins. Em casos extremos pode causar convulsões e morte.

Para o etilenoglicol, por exemplo, a  $DL_{50}$  para ratos é 4,7g/kg, para camundongos é 7,5g/kg, para porquinhos-da-índia é 610mg/kg e para cães é 5,5g/kg. A dose letal para humanos é estimada em 1,56g/kg. Todos os valores estão dispostos na FISPQ disponibilizada.

### 3.2.5 Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP)

Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos são uma classe de compostos orgânicos semi-voláteis, formados por anéis benzênicos ligados de forma linear, angular ou agrupados, contendo na sua estrutura somente carbono e hidrogênio (NEVES, 2002). Dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, dezesseis são indicados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos como sendo poluentes prioritários, que têm sido cuidadosamente estudados devido à sua toxicidade, persistência e predominância no meio ambiente, são eles: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo(a)antraceno, benzo(a)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(k)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, criseno, dibenzo(a,h)antraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreno, indeno(1,2,3-cd)pireno naftaleno e pireno.

O petróleo constitui uma das fontes mais importantes de hidrocarbonetos. Segundo Apitz *et al.* (1999), processos industriais relacionados a combustíveis fósseis, sua exaustão e escoamento ainda depositam uma quantidade maior destes compostos no meio ambiente.

Os HAPs podem causar efeitos toxicológicos no crescimento, metabolismo e reprodução de toda a biota (microrganismos, plantas terrestres, biota aquática, anfíbios, répteis, aves e mamíferos). Estes efeitos podem associar-se à formação de tumores, toxicidade aguda, bioacumulação e danos à pele de diversas espécies de animais. Os principais objetos de pesquisa desses compostos têm sido as suas propriedades carcinogênicas, mutagênicas e genotóxicas (APITZ *et al.*, 1999).

Lieber (2013) cita que há evidências de que misturas de HAP são carcinogênicas ao ser humano devido, principalmente, ao contato através das vias inalatória e dérmica. Cita, no entanto, que não existem dados sobre exposição humana por via oral. Para a população geral, as principais fontes de exposição aos HAP são alimentos, ar atmosférico e ambientes internos.

Além disso, estudos vinculam a exposição a transtornos de comportamento na infância; pesquisadores da Universidade de Columbia, em um estudo de 2012, encontraram uma forte ligação entre a exposição pré-natal a HAP e a depressão infantil. Nos bebês em que foram encontrados níveis elevados de HAP no sangue de seu cordão umbilical, em 46% deles eventualmente encontrou-se uma pontuação mais alta na escala de ansiedade/depressão do que aqueles com baixos níveis de HPAs no sangue do cordão. O estudo foi publicado na revista *Environmental Health Perspectives* (LIEBER, 2013).

O rápido desenvolvimento e produção do óleo betuminoso em Alberta, Canadá, coincidiu com a descoberta de níveis perigosos de HAPs na região e vários relatos de taxas mais altas de câncer e outras doenças nas comunidades adjacentes (LIEBER, 2013).

### 3.2.6 Gases efluentes da queima de diesel

Máquinas a diesel fornecem energia a diversos tipos de veículos, equipamentos, geradores e outros maquinários utilizados na indústria de petróleo e gás.

A exaustão destas máquinas contém uma mistura de gases – incluindo o monóxido de carbono (CO) e óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>) – e pequenos particulados e partículas que podem causar danos à saúde do trabalhador. Algumas partículas são quimicamente causadoras de câncer,

como os hidrocarbonetos aromáticos. Segundo Fonseca *et al.* (2000), de maneira geral, a exposição de curto prazo aos vapores de exaustão advindos da queima do diesel pode causar irritação aos olhos e ao sistema respiratório superior (nariz e garganta). A longo prazo aparecem doenças respiratórias, problemas cardiovasculares e câncer de pulmão.

Pequenas partículas de  $\text{NO}_x$  podem penetrar profundamente no tecido pulmonar e danificá-lo, causando a morte prematura em casos extremos. A inalação de tais partículas está associada com enfisema e bronquite (MOOLGAVKAR *et al.*, 1995).

O CO é um gás tóxico, incolor, inodoro, insípido e de início não irritante, sendo por isso muito difícil às pessoas detectarem a sua presença. Os sintomas de uma ligeira intoxicação por monóxido de carbono incluem desmaio, sensação de confusão, cefaleia, vertigens e outros similares aos da gripe. Exposições longas podem conduzir a uma toxicidade grave no sistema nervoso central e no coração, e mesmo à morte. Na sequência de uma intoxicação aguda, as sequelas são quase sempre permanentes. O monóxido de carbono pode ter efeitos graves no feto quando inalado pelas grávidas. A exposição crónica a baixos níveis de monóxido de carbono pode conduzir à depressão nervosa, confusão e perda da memória. O monóxido de carbono tem sobretudo efeitos negativos nas pessoas ao combinar-se com a hemoglobina para formar carboxihemoglobina (HbCO) no sangue, o que evita a ligação do oxigénio à hemoglobina pela redução da capacidade de transporte de oxigénio pelo sangue (PROCKOP & CHICHKOVA, 2007).

### **3.3 Avaliações Ambientais**

O monitoramento ambiental é vantajoso devido à possibilidade de identificar e quantificar o elemento químico, além de antecipar possíveis consequências aos colaboradores, ser mais rápido e atuar onde não existam indicadores biológicos. A avaliação ambiental é aplicada para identificar e quantificar possíveis contaminantes presentes no ar ambiente, avaliando fontes emissoras e a eficiência dos procedimentos operacionais instalados para minimizar a exposição dos trabalhadores (COSTA, 2001).

### 3.3.1 Limites de Tolerância - TLV – Threshold Limit Value

Os limites de exposição para agentes químicos, ou qualquer outro agente ambiental, consistem em valores aos quais se acredita que os trabalhadores possam estar expostos em toda sua jornada de trabalho sem sofrerem consequências em sua integridade física e mental.

O primeiro valor limite para um contaminante do ar foi estabelecido para o monóxido de carbono por Max Gruber em 1883, que, após realizar experiências com animais, submeteu-se ele próprio a concentrações de 210 a 240 ppm durante dois dias, sem registrar sintomas ou sensação de desconforto. Na década de 1920, nos Estados Unidos, começaram a ser elaboradas listas de padrões máximos de exposição a contaminantes do ar, geralmente baseados em experimentos animais relativos à toxicidade aguda (VASCONCELOS, 1995, *apud* CAMPOS NETO, 2013).

Os limites de tolerância para os agentes ambientais que caracterizam insalubridade no Brasil são apresentados nas Normas Regulamentadoras do MTE, aprovadas pela Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. Os limites máximos dos agentes químicos são definidos pela NR 15, destinada a atividades e operações insalubres.

Vale salientar que o exercício de atividades em condições insalubres, segundo a NR 15, gera uma percepção salarial de 10, 20 ou 40% incidente sobre o salário mínimo da região ou sobre o salário da categoria, conforme acordo coletivo. Em face desse acréscimo salarial, além da aposentadoria especial, os agentes ambientais são ápices de grandes discussões em perícias na justiça do trabalho.

Apesar de existir uma norma que limita a ação dos agentes ambientais e concede uma percepção salarial ao trabalhador exposto à insalubridade, existem muitas críticas relacionadas à adoção dos limites de tolerância no Brasil.

Devido à falta de investimento e interesse nas pesquisas dos limites de tolerância e seus reflexos, existem no Brasil substâncias que não são contempladas pela NR 15, como é o caso da gasolina. Nestes casos, a própria norma indica a utilização dos estudos desenvolvidos pela ACGIH, que desenvolve pesquisas referentes aos limites de tolerância, denominados por essa agência como sendo os TLVs (*Threshold Limit Value*).

### 3.3.2 TLV-TWA – Threshold Limit Value - Time Weighted Average

O TLV-TWA (Limite de Exposição – Média Ponderada pelo Tempo) é o limite de tolerância que expressa a média ponderada de todas as concentrações vividas durante a jornada de trabalho do colaborador que não causem danos à saúde dos mesmos. Esse valor é calculado utilizando as concentrações encontradas, seus respectivos tempos de duração e a somatória de todos os tempos analisados conforme a seguinte equação:

$$TLV - TWA = \frac{C_1t_1 + C_2t_2 + \dots + C_nt_n}{tt}$$

Onde:  $C_i$  = Concentração encontrada para cada exposição (ppm ou mg/m<sup>3</sup>),  $t_i$  = Tempo de exposição de cada concentração (ppm ou mg/m<sup>3</sup>),  $tt$  = Tempo de exposição da jornada de trabalho (minutos ou hora).

A equação para o TLV é utilizada quando as medições para cobrir a jornada de trabalho são feitas fracionadas. Caso a metodologia cubra todas as horas trabalhadas continuamente não é necessária sua utilização.

Vale salientar que a jornada de trabalho considerada pela ACGIH é referente a 8 horas diárias e 40 horas semanais, diferentemente da considerada pela NR 15 (Anexo 11) que considera 8 horas diárias e 48 horas semanais.

Como a jornada de trabalho deve ser entendida como o número de horas de permanência no local de risco. Não são consideradas para o cálculo da jornada as horas destinadas à refeição e/ou descanso fora do local do risco considerado.

A ACGIH admite a aplicação do fator de correção diário e/ou semanal para jornadas que superem 8 horas diárias e 40 horas semanais. Para o Brasil, não há previsão na Lei sobre estes limites. Por ser mais conservador, recomenda-se aplicar o fator de correção somente quando a duração da jornada é superior ao padrão.

### 3.3.3 TLVs: Critérios e Divergências

Os critérios adotados para a determinação dos limites de tolerância variam em muitos países. Vasconcelos (1995), *apud* Campo Neto (2013), já alertava que nos países da antiga União Soviética os limites eram mais exigentes não podendo ocorrer qualquer alteração biológica ou

funcional nos indivíduos, enquanto nos Estados Unidos os limites eram mais elásticos, permitindo compensações. Essa situação de maior elasticidade dos limites nos Estados Unidos ainda é realidade atualmente. O TLV-TWA para a gasolina para 8 horas na Suécia é de 64 ppm e na Holanda 77 ppm, valores inferiores aos 300 ppm estabelecidos pelo órgão americano e adotados pelo Brasil.

A adoção dos limites de tolerância no Brasil gerou críticas como, por exemplo, as feitas por Vasconcelos (1995), *apud*. Campo Neto (2013), que afirma que o maior erro na fixação dos limites de tolerância no Brasil não foi a decisão de fixá-los e sim tê-los, em grande parte, importado da lista da ACGIH sem que tivessem sido, pelo menos, feitos estudos sobre a sua aplicação nas condições de nosso país e de seus trabalhadores. Segundo a autora, a adaptação dos TLVs para o Brasil enfocou apenas a diferença de jornada semanal de trabalho: a americana é de 40 horas e a brasileira de 48 horas. Outros autores também se alinham à posição de que não existe um consenso entre as diferentes agências e associações no estabelecimento de valores para os limites de exposição ocupacional e potencial carcinogênico para uma mesma substância química.

Peixe *et al.* (2009) realizaram um estudo comparativo das regulamentações da saúde e segurança do trabalho no Brasil, EUA e Espanha. Constatou-se que são notórias as divergências nas legislações referentes aos valores limites. Segundo os autores, existe maior desatualização dos valores brasileiros.

Essa defasagem dos limites de tolerância dos agentes químicos na legislação brasileira torna-se mais perceptível quando estes comparados às referências internacionais mais atualizadas (QUELHAS & GOMES, 2011).

### 3.3.4 Defasagem da Norma Regulamentadora 15

No Brasil, a ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais nas indústrias, em especial na indústria química, na indústria do petróleo e na construção civil resultou na publicação, em 27 de julho de 1972, da Portaria MTPS 3.237, que estabelecia: “os estabelecimentos que se enquadrem nas condições determinadas nesta Portaria deverão manter, obrigatoriamente, além das Comissões Internas de Prevenção de Acidentes (CIPAs), um serviço especializado em segurança, higiene e medicina do trabalho”. A partir de então começaram a ser emitidas e regulamentadas no Brasil as legislações voltadas para a segurança e a saúde dos trabalhadores.

Em 08 de junho de 1978, considerando o disposto no artigo 200 da Seção XV da Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, o Ministério do Trabalho emitiu a Portaria nº 3.214 que consolidava as primeiras Normas Regulamentadoras; tais normas tornaram-se então a principal referência legal no Brasil para as questões de saúde e segurança no trabalho (ROCHA *et al.*, 2011).

No conjunto das Normas Regulamentadoras publicadas em 1978 pelo Ministério do Trabalho, a NR 15 – Atividades e Operações Insalubres estabeleceu os limites de tolerância para a exposição a agentes químicos, físicos e biológicos. Desde a criação do adicional de insalubridade até 08 de junho de 1978, a caracterização da insalubridade era feita, com raras exceções (ruído, calor, etc.), por critérios exclusivamente qualitativos (NOGUEIRA, 1984).

Assim, a exposição a determinado agente químico de doença profissional, independentemente da sua concentração no ambiente de trabalho e do tempo de exposição ao mesmo, já caracterizava a insalubridade (NOGUEIRA, 1984). O último diploma legal que regulava o assunto, a Portaria nº 491, de 16 de setembro de 1965, mantinha esse critério qualitativo, ao contrário das legislações de países altamente industrializados, onde este tinha deixado, há muito, de existir.

Pelo fato de ser uma norma de legislação federal, cujo caráter obrigatório a define como diretriz mínima a ser seguida pelas empresas no âmbito da segurança do trabalho no Brasil, era de se esperar que os limites de tolerância estabelecidos na NR 15 acompanhassem, ao longo dos anos, a evolução dos estudos relacionados aos efeitos nocivos de substâncias químicas na saúde humana, bem como a introdução de novos produtos químicos nos processos de produção. Entretanto, decorridos trinta e sete anos da sua publicação, a relação de agentes químicos e os limites de tolerância da NR 15 estabelecidos em 1978 até hoje não foram alterados, o que sugere a hipótese de que os limites de tolerância da legislação brasileira podem estar desatualizados, e este foi especificamente o tema central do presente estudo.

## **4 ESTUDO DE CASO**

Pode-se dividir a metodologia aplicada nesta pesquisa em três fases distintas: levantamento bibliográfico, avaliação quantitativa e avaliação comparativa.

### **4.1 Levantamento Bibliográfico**

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica voltada para os limites de exposição ocupacional a agentes químicos, dando prioridade àqueles com maior casualidade de doenças relacionadas na indústria de petróleo e gás.

Era esperado que o conteúdo fosse encontrado nos PPRA's da indústria, porém estes não são documentos de fácil acesso. Essa expectativa justifica-se pelo objetivo de se sua aplicação, que visa à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho.

### **4.2 Avaliação Quantitativa**

É na etapa de avaliação quantitativa que completa-se o PPRA, quando são confeccionados os Relatórios de Avaliação da Exposição Ocupacional e Laudos Técnicos das Condições Ambientais de Trabalho – LTCAT, cujo objetivo é avaliar a concentração ou intensidade do(s) agente(s) ambiental(is) existente(s) nos ambientes de trabalho, visando conhecer a exposição ocupacional dos trabalhadores atingidos pelo referido Grupo Homogêneo de Exposição (GHE), enquanto desenvolvem suas atividades, comparando com os respectivos valores de limite de tolerância estabelecidos pela NR 15, sendo que na ausência destes usa-se então os adotados pela ACGIH ou outras referências internacionais.

Na Tabela 4.1 constam as avaliações ambientais reais, apresentadas no Relatório de Avaliação da Exposição Ocupacional da empresa estudada, que não terá seu nome divulgado, a pedido da mesma, mas que atua nos segmentos de produção e processamento de petróleo e gás.

Todas as avaliações foram realizadas em trabalhadores de um GHE (operadores de Unidade de Ajuste de Ponto de Orvalho – UAPO) atuantes numa Unidade de Tratamento de Gás (UTG).

**Tabela 4.1: Resultados obtidos do Relatório de Avaliação da Exposição Ocupacional da empresa estudada – GHE: Operador UAPO**

Local	Agente ambiental	Atividade avaliada	Resultados obtidos/MVUE
<i>Unidade de Tratamento de Gás 01</i>	Butano, todos isômeros (STEL)	Coleta de amostra de Gás Natural	2,25 ppm
	Etilenoglicol (STEL)	Coleta de amostra de MEG regenerado	0,97 mg/m <sup>3</sup>
		Abastecimento do Sistema de MEG	2,9 mg/m <sup>3</sup>
		Drenagem de MEG dos filtros de partículas para glicol	0,6 mg/m <sup>3</sup>
		Correção de pH da solução de MEG do sistema de glicol	0,6 mg/m <sup>3</sup>
	Benzeno (STEL)	Drenagem de condensado em equipamentos	0,14 ppm
	n-Butano (TWA)	-	1,98 ppm
	Sulfeto de Hidrogênio	-	0,10 ppm
	Mercúrio	-	0,0042 mg/m <sup>3</sup>
	Nafta e demais HC's do Petróleo	-	2,5 mg/m <sup>3</sup>
<i>Unidade de Tratamento de Gás 02</i>	Benzeno (STEL)	Troca de válvulas do recebedor de PIG	0,23 ppm
	Etilenoglicol (STEL)	Partida de bombas	0,7 mg/m <sup>3</sup>
	n-Hexano	-	34,9 ppm
	Hexano (outros isômeros)	-	78,8 ppm
	HAP – Antraceno	-	0,01 mg/m <sup>3</sup>
	HAP – Benzo-a-pireno	-	0,01 mg/m <sup>3</sup>
	HAP – Criseno	-	0,01 mg/m <sup>3</sup>
	Mercúrio	-	0,0262 mg/m <sup>3</sup>
	Metanol	-	0,7 ppm
	Nafta	-	150 mg/m <sup>3</sup>
Benzeno	-	0,02 ppm	
Sulfeto de Hidrogênio	-	0,1 ppm	

Nota: Em alguns casos, o valor discriminado para o agente químico é referente ao limite de quantificação do método, sendo esta utilizada para compor o relatório da empresa.

**Tabela 4.2: Resultados obtidos do Relatório de Avaliação da Exposição Ocupacional da empresa estudada – GHE: Operador UAPO (cont.)**

Local	Agente ambiental	Atividade avaliada	Resultados obtidos/MVUE
<i>Unidade de Tratamento de Gás 03</i>	Mercúrio	-	0,0080 mg/m <sup>3</sup>
<i>Unidade de Tratamento de Gás 04</i>	Benzeno (STEL)	Drenagem de condensado em linhas de instrumentos de medição	2,99 ppm
		Verificação de nível do tanque	0,27 ppm
		Acompanhamento do carregamento de água oleosa pelo caminhão	0,01 ppm

Nota: Em alguns casos, o valor discriminado para o agente químico é referente ao limite de quantificação do método, sendo esta utilizada para compor o relatório da empresa.

Fonte: Obtido dos relatórios disponibilizados pela empresa estudada. Elaborado pelo autor.

A UTG é uma estrutura formada por equipamentos de alta tecnologia, capazes de receber gás bruto e tratá-lo produzindo gás combustível, gás liquefeito de petróleo (GIP), gás natural veicular (GNV), entre outros.

A escolha de tal unidade se dá pela reunião de fatores que precisavam ser avaliados neste estudo de caso, por ser um processo envolvido com a indústria de petróleo e gás, gerador de agentes ambientais insalubres, passíveis de monitoramento, treinamento e atuação do Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT) em Saúde, Meio Ambiente e Segurança (SMS).

Infelizmente, a dificuldade em obter-se resultados de avaliações realizadas regularmente em outras unidades de extração, processamento e distribuição de derivados de petróleo torna pobre, em parte, o trabalho de comparação para encontrar-se um denominador comum que justifique, especificamente, a necessidade de revisão a NR 15 devido à exposição a agentes químicos atuantes neste tipo de indústria.

Estas avaliações não têm por obrigatoriedade serem divulgadas. Sendo assim, tem-se o contentamento em poder avaliar o conteúdo de quatro relatórios avaliativos disponibilizados para discutir-se a defasagem de nossa Norma Regulamentadora.

Sendo assim, a segunda fase constou da tabulação dos dados coletados para que posteriormente fosse realizada uma análise da pesquisa quantitativa, comparando os resultados obtidos aos padrões aplicados nacional e internacionalmente.

### **4.3 Avaliação Comparativa**

Nesta etapa do trabalho buscaram-se dados que possibilitassem uma avaliação comparativa dos parâmetros utilizados nos países mais industrializados com os limites de tolerância vigentes na legislação brasileira. Neste estudo comparativo foram utilizados, além dos critérios da ACGIH, os critérios da Occupational Safety and Health Administration – OSHA, conforme Tabela 4.2, para valores com base numa jornada de trabalho de 12 horas diárias e 48 horas por semana aos agentes marcados com asteriscos (“\*”).

**Tabela 4.3: Comparativo entre limites de tolerâncias para os agentes químicos abordados**

Agente	NR 15	ACGIH <sup>1</sup>	OSHA (PEL) <sup>2</sup>
Antraceno	-	-	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Benzeno*	-	0,25 ppm	0,5 ppm
Benzeno	-	0,5 ppm	1 ppm
Benzeno (STEL)	-	2,5 ppm	5 ppm
Benzo-a-pireno	-	-	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Butano (STEL)	-	1000 ppm	-
n-Butano (TWA)*	235 ppm	125 ppm	-
Criseno	-	-	0,2 mg/m <sup>3</sup>
Etilenoglicol	-	100 mg/m <sup>3</sup>	50 ppm (~ 127 mg/m <sup>3</sup> )
Hexano*	-	250 ppm	-
n-Hexano*	-	25 ppm	500 ppm
Mercúrio*	0,02 mg/m <sup>3</sup>	0,01 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>
Mercúrio	0,04 mg/m <sup>3</sup>	0,025 mg/m <sup>3</sup>	0,1 mg/m <sup>3</sup>
Metanol*	78 ppm	100 ppm	100 ppm
Nafta <sup>3*</sup>	-	175 mg/m <sup>3</sup>	200 mg/m <sup>3</sup>
Nafta <sup>3*</sup>	-	150 mg/m <sup>3</sup>	200 mg/m <sup>3</sup>
Sulfeto de Hidrogênio*	4 ppm	0,5 ppm	25 ppm (10 min)

<sup>1</sup> Valores obtidos do livreto da ACGIH de 2014

<sup>2</sup> Valores obtidos por consulta ao NIOSH Pocket Guide, acessado em <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>

<sup>3</sup> Com o uso do TLV descontinuado pela ACGIH para a nafta, estes são tomados para cada amostra em particular

\* Valores ajustados utilizando o modelo “Brief & Scala” para uma jornada diária de trabalho de 12 horas diárias

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das duas tabelas anteriores serão discutidos os valores observados, de forma a averiguar a defasagem da NR 15 em relação a outras normas internacionais de segurança do trabalho.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tratar os riscos ambientais de forma legalista, caracterizando os graus de insalubridade, não é uma tarefa simplória. É plausível preferir sistematicamente a abordagem técnica e prevencionista. Insalubridade é, sem dúvida, uma parte obscura da legislação trabalhista, difícil de ser disfarçada, uma distorção de valores éticos, uma “pedra no sapato” do higienista.

É sabido que o adicional de insalubridade passou a ser praticado no período da revolução industrial inglesa (1760 – 1830), visando a funcionar como verba alimentar. Esperava-se que com um aumento salarial, o trabalhador tivesse condições de comer melhor e então ficaria mais resistente às doenças ocupacionais. Visto o engano e o fato não distante da realidade atual, o aumento de vencimentos ainda é um atrativo para que houvesse mais pessoas expostas aos riscos e, conseqüentemente, para o crescimento do contingente de doentes. Afinal, boa nutrição não poupa as pessoas dos efeitos provocados pelos agentes tóxicos. (ABHO, 2004)

Percebendo os efeitos colaterais do pagamento da insalubridade, essa prática foi logo abandonada pelos europeus e posteriormente pelos norte-americanos. A ideia, porém, nunca morreu e fez adeptos no Brasil, quando por meio da Lei Federal nº 185, de 14 de janeiro de 1936, permitiu um aumento de até 50% para quem recebia o salário mínimo da época, se trabalhasse em condições insalubres. Se contarmos a partir desta data, os adicionais de insalubridade se aproximam dos 80 anos de existência.

Os limites de exposição ocupacional, por definição, são doses ou condições sob as quais acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à sua saúde.

Com isto em mente, somando-se aos estudos desenvolvidos, infelizmente a maioria fora do Brasil, pode-se discutir a defasagem dos limites institucionalizados pela norma nacional em relação às internacionais.

Os valores amostrados na empresa estudada apresentados e comparados neste trabalho reforçam os relatos constados acima.

## 5.1 Gerenciamento de riscos

O primeiro passo para solucionar os problemas identificados é realizar um gerenciamento de riscos eficaz, visando planejar criteriosamente as ações que a empresa pretende implementar com esse propósito. No estágio de planejamento, convém refletir inicialmente a real disposição da empresa em aceitar riscos, lembrando, no entanto, que a rejeição sistemática a certos projetos empresariais devido a riscos potenciais pode conduzir à perda de oportunidades.

Segundo Baraldi (2005), grandes agências de *rating* vão considerar a avaliação de riscos das empresas, evidenciadas por obrigatoriedade regulamentar ou por iniciativa das próprias empresas e ajustar as classificações de risco de créditos. Dessa forma, custos de captações, de serviços e outros podem ser reduzidos através de investimentos adequados no gerenciamento de riscos, oportunidades e controles das empresas.

As grandes empresas, em função dos riscos e da transparência, têm optado nos últimos anos por criarem uma gerência HSE (*Health, Safety and Environment*). Esta gerência tem por objetivo fixar as diretrizes de SMS para toda a empresa.

Neste contexto, as avaliações rotineiras permitem avaliar as concentrações de agentes nocivos aos quais os trabalhadores estão expostos.

Nas amostras realizadas, por vezes o limite de tolerância foi ultrapassado, como no caso do n-Hexano avaliado na UTG 02 (Figura 5.1). Na mesma avaliação, existem recomendações de medidas corretivas e/ou preventivas, de modo a garantir uma melhora à saúde do trabalhador exposto ao agente, eliminando-o e, se não for possível, minimizando os impactos associados.

No Brasil, os passos no sentido de desenvolver políticas de SMS têm sido mais lentos, e as empresas brasileiras e seus respectivos ramos de indústrias não regulamentados podem estar perdendo competitividade. Em nosso país, a cultura de gerenciar riscos e oportunidades está incipiente, espalhada em conceitos não atualizados, e usada em algumas empresas dentro das práticas dos seus profissionais ou através da contratação de serviços de especialistas externos, baseando-se basicamente na abordagem aos agentes químicos contemplados na NR 15 e seus limites de tolerância.

Substância Analisada	Concentração Obtida	Limite Exposição Adotado BRIEF & SCALA	Limite de Tolerância LT - NR-15	Limite Exposição Ocupacional ACGIH - TLV-TWA	Nível de Ação NA - NR9
n- Hexano	34,9 ppm	25 ppm	-	50 ppm	12,5 ppm
Hexano, outros isômeros	78,8 ppm	250 ppm	-	500 ppm	125 ppm

**Análise e Interpretação dos Resultados**

Considerando a metodologia utilizada e os resultados obtidos, concluímos que o agente n-hexano encontra-se em concentração inferior ao limite de exposição ocupacional, entretanto superior ao nível de ação estabelecidos pela NR-9 da Portaria 3.214/78 do MTE. O agente hexano (outros isômeros) encontra-se em concentração inferior ao respectivo limite de exposição ocupacional, entretanto superior ao respectivo nível de ação estabelecido pela NR-9 da Portaria 3.214/78 do MTE.

**Recomendações de Medidas Corretivas e/ou Preventivas**

- 1 - Divulgar aos empregados representados pelo GHE as informações relativas ao risco avaliado e as ações preventivas de controle.
- 2 - Garantir a realização de exames médicos periódicos para todos os empregados integrantes do GHE, em função do seu perfil de exposição ter apresentado concentração de n-hexano acima do nível de ação - NA, esta medida visa à identificação de alterações ocorridas e conseqüentemente a necessidade de adoção de medidas preventivas.
- 3 - Realizar o monitoramento periódico da exposição, visando compor um banco de dados e um histórico consistente ao longo do tempo que permita acompanhar a exposição dos trabalhadores, devendo ser rapidamente reavaliado caso houver alteração no ambiente de trabalho ou das condições de trabalho que possam impactar no perfil de exposição ao risco.
- 4 - Garantir o uso de óculos e de luvas de proteção do tipo impermeável, durante a realização de atividades onde existe o potencial de contato com condensados, C5+ e derivados, visando à proteção da exposição ocupacional por via dérmica.
- 5 - Independente de qualquer resultado decorrente da análise da exposição ocupacional, deverão ser tomadas medidas adicionais caso o controle médico da saúde caracterize desvios que possam comprometer à saúde dos trabalhadores. 

**Figura 5.1: Amostragem de n-Hexano e outros isômeros e recomendações preventivas**

Fonte: LTCAT da UTG 02 (fornecido pela empresa)

Ocorrências já constatadas de agravos à saúde em exposições abaixo desses limites indicam que o termo limite de tolerância não é o mais adequado, uma vez que valores inferiores podem não ser tolerados pelo organismo humano em determinadas condições ambientais. Exposições combinadas entre os vários produtos químicos e ainda com outros agentes presentes no ambiente, como ruído, calor, umidade e estresses exercem efeitos sobre a saúde do trabalhador.

Da mesma forma, diferenças de suscetibilidades individuais podem alterar a tolerância das pessoas a determinadas concentrações de agentes químicos. Os limites de exposição não são valores estáticos e sim dinâmicos, mudando frequentemente com os achados epidemiológicos e as correlações entre as concentrações e qualquer alteração na saúde ou no conforto dos trabalhadores, realçando a necessidade de um gerenciamento de riscos baseado em estudos avaliativos de acompanhamento da saúde do trabalhador, e não somente aos limites impostos pela norma brasileira.

## 5.2 Agentes químicos não contemplados na NR 15

Uma análise superficial da Tabela 4.2 nos permite concluir diretamente que a NR 15 apresenta uma defasagem em relação à abordagem de diversos agentes químicos atuantes da indústria de petróleo e gás identificados na pesquisa.

Mesmo havendo uma citação no texto da NR 09 para que “na ausência destes os valores limites de exposição ocupacional adotados pela ACGIH, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos”, nem sempre tais valores são fáceis de serem obtidos.

No caso da ACGIH, atualizada anualmente e traduzida a língua portuguesa pela ABHO, o material não é gratuito, ao contrário do que acontece com as Normas Regulamentadoras brasileiras, disponibilizadas no website do Ministério do Trabalho e Emprego.

Para se ter uma ideia, Quelhas *et al.* (2011) apontam em sua pesquisa que a NR 15 não estabelece limites de tolerância para 38 substâncias químicas classificadas como A1, A2 e A3 pela ACGIH (relação ao seu efeito cancerígeno).

Os HAPs e álcoois constatados nas avaliações não possuem limite de exposição definido pela NR 15, bem como outros compostos que são abordados sem um valor específico para análise, onde cita-se que a exposição do trabalhador, por si só, é passível de pagamento de insalubridade.

Não só em relação a abordagem de outros químicos, a defasagem dos limites de exposição é mais um fator que corrobora para vislumbrarmos a atualização de nossa norma regulamentadora.

## 5.3 Defasagem de limites de tolerância existentes

Quelhas *et al.* (2011) apontam um exemplo de defasagem grave nos limites de tolerância da NR 15 que ficou evidente em sua pesquisa bibliográfica: a substância 1,3 butadieno, classificada como A2 na ACGIH e como IARC 1 na International Agency for Research on Cancer (IARC). Largamente utilizada como matéria-prima nos processos de fabricação de borracha sintética, estudo publicado nos Estados Unidos em 1992 reportam cinquenta e nove (59) casos de leucemia em trabalhadores do sexo masculino em unidades de polimerização,

registrados entre 1943 e 1982. O resultado do estudo apoiou a hipótese de correlação entre a exposição ao 1,3 butadieno e o risco de leucemia.

Segundo os autores, a ocorrência de leucemia devido à exposição ao monômero 1,3 Butadieno foi mais acentuada em intensidades de exposição da ordem de 100 ppm/ano, do que em concentrações mais baixas.

Enquanto estudos são desenvolvidos para identificar a real efetividade de alguns compostos sob o organismo humano, o que prevalece no Brasil, desde 1978, para a substância 1,3 butadieno é o limite de tolerância em 780 ppm por um período diário de 8 horas de trabalho e 40 horas semanais. Atualmente a ACGIH adota um TLV-TWA de 2 ppm para a referida substância.

Dos compostos apresentados na Tabela 4.2, comparando apenas aqueles em que há valores limites de exposição definidos tanto pela NR 15 quanto pela ACGIH, apenas o Metanol tem limites mais restritivos abordados na norma brasileira; outros 3 (três) – n-Butano, Mercúrio e Sulfeto de Hidrogênio –, tem limites de tolerância inferiores na referência americana.

Uma abordagem crítica e mais profunda pode ser feita em relação ao mercúrio e os valores encontrados na avaliação realizada à UTG 01. No quadro apresentado a seguir é possível constatar que, se fosse adotado o limite de tolerância disposto na ACGIH, o valor encontrado para compor o laudo estaria bem próximo ao nível de ação instituído pela NR 09, citado no item 9.3.6.2, alínea “a”, que para agentes químicos, é a metade dos limites de exposição ocupacional.

**Quadro 5.1: Comparativo entre normas da amostra de mercúrio avaliada na UTG 01 (valores em ppm).**

Agente	Amostragem		Limites de Tolerância		Nível de ação <sup>1</sup>	
	Média	Máxima	NR 15	ACGIH	NR 15	ACGIH
Mercúrio*	0,0042	0,0053	0,02	0,01	0,01	0,005

<sup>1</sup> De acordo com a NR 09, valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas. Considera-se 50% do limite de tolerância no caso de agentes químicos.

\* Valores ajustados utilizando o modelo “Brief & Scala” para uma jornada diária de trabalho de 12 horas diárias. Fonte: Elaborado pelo autor.

Se os limites de tolerância da norma brasileira estivessem atualizados com os valores da ACGIH, o agente químico analisado ultrapassaria, numa das avaliações, o nível de ação. Somente a análise do valor médio amostrado se aproxima dos 50% impostos pela NR 09.

Sendo uma neurotoxina perigosa, que a depender da dose à qual o indivíduo é exposto existem consequências diversas, pode-se considerar que os estudos realizados para caracterizar o limite de exposição adotados no Brasil deveriam ser atualizados conforme estes trabalhos avançam,

mesmo que se use como referência valores obtidos de outras normas, dada nossa deficiência para desenvolver pesquisas no âmbito de higiene ocupacional.

O caso descrito provavelmente é somente um de diversos cenários obtidos em avaliações realizadas em todos os setores produtivos, onde possivelmente os resultados para caracterização de insalubridade poderiam ser diferentes caso os limites de tolerância dispostos nos anexos da Norma Regulamentadora 15 fossem atualizados.

Como nem todos os agentes aos quais o trabalhador está exposto são contemplados na NR 15, uma crítica crucial a ser analisada é abordagem mais ampla dos atuantes estudados e aplicados em outras normas internacionais.

A necessidade de abordar outras normas regulamentadoras brasileiras (citando-se principalmente a NR 09) para compor laudos técnicos avaliativos resulta, por vezes, a concepção dúbia destes documentos, levando a análise a uma esfera judicial que, embora favoreça na maioria dos casos ao trabalhador, não colabora significativamente nas etapas de identificação dos agentes presentes no ambiente de trabalho e conseqüentemente os riscos associados à sua exposição.

Complementar às avaliações comparativas abordadas até então, percebe-se a necessidade de complementação e revisão da NR 15 pelas diversas decisões baseadas sob jurisprudência, reforçando o tema do presente trabalho.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de haver uma movimentação para alterações à NR 15, ainda não foram efetivadas quaisquer. O texto exposto para consulta pública mantém uma questão abordada frequentemente: a monetização dos riscos. Esta proposta mantém em seu texto o pagamento da insalubridade, por mais que seja um benefício aceito pelos empregados, ainda centraliza como objetivo da Norma o pagamento de uma bonificação por expor o trabalhador a um risco, fazendo com que os limites propostos sejam inconfiáveis para avaliar o real risco à saúde deste.

É perceptível, do estudo apresentado por Rocha *et al.* (2011), a dificuldade de revisão da NR 15 associada aos interesses dos indivíduos nas esferas diversas: governo, empresários e sindicatos trabalhistas. Cada um com sua justificativa, mas uma discussão que passa num entrave chave: o custo associado para atender a novos limites versus a preocupação com a saúde do trabalhador exposto aos agentes.

A fim de compreender e lidar com riscos de saúde ocupacional na indústria de petróleo e gás, agências federais e estaduais, instituições acadêmicas e também da indústria devem colaborar para produzir pesquisas de alta qualidade. Estudos em potencial se dividem em duas categorias principais: (1) a avaliação da exposição e (2) nos estudos de desfechos da saúde.

Falta *expertise* para gerar robustas avaliações da exposição a estes riscos para a saúde, ainda que existam alguns, mas seu uso é escasso; sendo assim, a fim de se obter dados de elevada qualidade, faz-se a necessidade do acesso aos locais de trabalho. Estudos de avaliação da exposição pós-intervenção e das reduções dos casos de males a saúde e de segurança na indústria também são necessários para assegurar que os esforços para reduzir os riscos sejam eficazes.

Por fim, medir o desenvolvimento de doenças ocupacionais na indústria de extração de petróleo e gás vai exigir um esforço a longo prazo, tendo-se trabalhadores e postos de trabalho que devem ser monitorados por anos antes de os resultados serem mensurados em estudos epidemiológicos.

Independente da desatualização da NR 15 e da monetização sobre a exposição ao risco, deve-se, desde o princípio do funcionamento das atividades da indústria, incentivar políticas, condições e métodos para a eliminação ou neutralização dos riscos ambientais.

## **7 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS**

Com vistas aos tópicos abordados pelo presente trabalho, recomenda-se que futuras investigações tenham por objetivo:

- Incentivar o desenvolvimento de estudos para avaliação da exposição de trabalhadores do setor de petróleo e gás;
- Discutir a necessidade de atualizações e alterações à NR 15;
- Compreender e lidar com riscos de saúde ocupacional na indústria de extração de petróleo e gás, e;
- Incentivar condições e métodos para a eliminação ou neutralização dos riscos ambientais.

## 8 REFERÊNCIAS

ABHO. **Setenta Anos de Insalubridade no Brasil: Comemoramos ou Lamentamos?** Mensagem do Presidente. Veiculada em Dezembro de 2004.

Apitz, S. E.; Arias, E.; Sheri A. C.; Lin, E. W.; Melcher, R. J.; Hemmingsen, B. B. **Aged Marine Sediment for Biodegradation Experiments: Chemical Results.** Organic Geochemistry. n.30, p.891-900. 1999.

Assunção, R. S. de. **Avaliação das Emissões de Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) em Operações de Carga e Descarga de Derivados Líquidos de Petróleo.** Monografia de Conclusão do Curso de Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais na Indústria. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal da Bahia, UFBA. Salvador, 2003.

Baraldi, P. **Gerenciamento de Riscos Empresariais.** São Paulo: Editora Campus. 2005.

Campos Neto, A. de A. **Níveis de Exposição a Vapores Orgênicos e Consequências Psicofísicas, Neurocognitivas e Fisiológicas em um Amostra de Frentistas Brasileiros.** Tese do Programa de Doutorado Interinstitucional em Psicologia Social da Universidade Federal da Paraíba e do Instituto Federal de Mato Grosso. 187 p. João Pessoa, 2013.

Chen, R.; Dick, E.; Semple, S.; Seaton, A; Walker, L. **Exposure to organic solvents and personality.** Occup Environ Med. 2001 Jan; 58(1): 14–18.

Costa, M. de F. B. da. **Estudo da aplicabilidade do ácido Trans,Trans-Mucônico urinário como indicador biológico de exposição ao benzeno.** Tese do Programa de Doutorado da Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro, RJ. 2001.

Environmental Protection Agency – EPA. **Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42. Vol. I, Cap. 5.2: Transportation and marketing of petroleum liquids.** Research Triangle Park, North Caroline, 2008. Disponível em: <<http://www.epa.gov/ttn/chief/>>. Acessado em: 07 de outubro de 2014.

Fonseca, J.C.L.; Marchi, M.R.R.; Fonseca, J.C.L. **Programa Internacional de Segurança Química Substâncias químicas perigosas à saúde e ao ambiente.** Organização Mundial da

Saúde, Programa Internacional de Segurança Química; tradução. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008. il.

Gobba F., Cavalleri, A. **Color Vision Impairment in Workers Exposed to Neurotoxic Chemicals.** *NeuroToxicology* 24 (2003) 693–702. Disponível em: <[http://www.researchgate.net/publication/6406450\\_Color\\_vision\\_impairment\\_in\\_workers\\_exposed\\_to\\_neurotoxic\\_chemicals/links/0fcfd50582a508cfcc000000](http://www.researchgate.net/publication/6406450_Color_vision_impairment_in_workers_exposed_to_neurotoxic_chemicals/links/0fcfd50582a508cfcc000000)>. Acessado em: 07 de outubro de 2014.

Hunter, P.; Oyama, S.T. **Control of Volatile Organic Compound Emissions.** New York - N.Y., 2000. 279p.

Lieber, D. **10 Most Toxic Ingredients Used In Coal, Oil and Gas Production.** EcoWatch - Transforming Green. Planetsave. 2013. Disponível em: <<http://ecowatch.com/2013/12/09/10-toxic-ingredients-used-in-coal-oil-gas-production/>>. Acessado em: 08 de outubro de 2014.

Machado, C. **O que é sulfeto de hidrogênio.** Blog Proteção Respiração, 2011. Disponível em: <<http://www.protecaorespiratoria.com/o-que-e-o-sulfeto-de-hidrogenio/>>. Acessado em: 12 de dezembro de 2014.

Moolgavkar S.H.; Luebeck E.G.; Hall T.A.; Anderson E.L. **Particulate Air Pollution, Sulfur Dioxide, and Daily Mortality: A Reanalysis of the Steubenville Data.** *Inhalation Toxicology*. 1995:7.

Neves, F. L. **Caracterização de compostos orgânicos voláteis e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos como indicadores da qualidade do ar no Rio de Janeiro.** Tese em Ciências (Toxicologia Ambiental). Rio de Janeiro, FIOCRUZ, Escola Nacional de Saúde Pública, Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, 2002. xv, 67pg.

Nogueira, D. P. **A insalubridade na empresa e o médico do trabalho.** *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional* - nº 45, vol 12, jan-mar, 1984.

NKK Technical Review. **Hydrocarbon Vapor Recovery With Membrane Technology.** Review No. 56. Japan, 1989.

Núcleo Regional Nordeste – NURENE. **Esgotamento sanitário: Qualidade da água e controle da poluição: Guia do profissional em treinamento: Nível 2 /** Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008. 87 p.

Peixe, T. S., Nascimento, E. de S., Pinheiro, F. **Proteção à saúde do trabalhador: um estudo comparativo entre regulamentações da Espanha, EUA e Brasil.** Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambientale Sociedade. 2009. ISSN 1984-3577, 2, 27-41. Disponível em: <<http://www.intertox.com.br/documentos/v2n3/rev-v02-capa.pdf>>. Acessado em: 09 de outubro de 2014.

Quelhas, O. L. G.; Gomes, R. S. **Análise crítica da legislação brasileira de segurança e saúde ocupacional. O caso da exposição a agentes químicos.** VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2011. ISSN 1984-9354. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <[http://www.excelenciaemgestao.org/anais/T11\\_0366\\_1483.pdf](http://www.excelenciaemgestao.org/anais/T11_0366_1483.pdf)>. Acessado em: 09 de outubro de 2014.

Prockop, L.D.; Chichkova R.I. **Carbon monoxide intoxication: an updated review.** Journal of the Neurological Sciences 262 (1–2): 122–130. 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17720201>>. Acessado em: 08 de outubro de 2014.

Rocha, J. R.; Quelhas, O. L. G.; Gomes, R. S. **Análise Crítica da Legislação Brasileira de Segurança e Saúde Ocupacional. O Caso da Exposição a Agentes Químicos.** VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. ISSN 1984-9354. Artigo, 47 p. 2011.

Silva, J. F. de S. **Análise do Processo de Redução da Precarização nas Relações do Trabalho Flexível na Indústria do Petróleo.** Dissertação de Mestrado em Políticas Sociais da Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos do Goytacazes, RJ. 2007.

Silva, M. D. **Fator de risco.** Artigo publicado em Revista Proteção. Agosto, 2008.

Witter, R. Z.; Tenney, L.; Clark, S.; Newman, L. S. **Occupational Exposures in the Oil and Gas Extraction Industry: State of the Science and Research Recommendations.** American Journal of Industrial Medicine. Am. J. Ind. Med. 2014 Wiley Periodicals, Inc. Disponível em: <<http://www.cafrackfacts.org/wp-content/uploads/2014/04/occupationalexposures.pdf>>. Acessado em: 07 de outubro de 2014.

Wilhelm, S.M., Bloom, N. **Mercury in petroleum. Fuel Processing Technology.** v. 63, p.1-27, 2000.