



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



HIGIENE OCUPACIONAL: GASES E VAPORES

MARCELLA ALMEIDA RUBENS

UBERLÂNDIA – MG

Junho 2019

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

HIGIENE OCUPACIONAL: GASES E VAPORES

MARCELLA ALMEIDA RUBENS

Monografia de graduação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Amâncio
Malagoni

Coorientador: Prof. Dra. Márcia Gonçalves
Coelho

MARCELLA ALMEIDA RUBENS

HIGIENE OCUPACIONAL: GASES E VAPORES

Monografia aprovada para conclusão da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso da graduação em Engenharia Química na Universidade Federal de Uberlândia(MG), pela banca examinadora formada por:

Uberlândia, 26 de Junho de 2019.

Prof. Dr. Ricardo Amâncio Malagoni
(Orientador) (FEQUI/UFU)

Prof^a. Dr^a. Márcia Gonçalves Coelho
(Coorientadora) (FEQUI/ UFU)

Prof. Dr. Mauro Marques Burjaili
(FEQUI/ UFU)

Higiene Ocupacional: Gases e Vapores

Marcella Almeida Rubens

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a inteligência maior por tudo, por cada mínimo detalhe em minha vida.

Gratidão e amor aos meus familiares e antepassados por terem contribuído por eu ser quem sou. Em especial agradeço a Fernanda Rubens, Lorenzo Almeida, Adrian César, Virginia Rubens, Leila Rubens, Marcilio Madureira, Luiza Rubens, Thiago Rubens, Jairo de Almeida, Jairo de Almeida Filho, Antônia Almeida e meu querido pai Fernando César.

Imenso amor a minha mãe, Silvana, que sempre me acolheu, cuidou de mim e me deu todo seu amor e paciência sem pedir nada em troca.

Meus agradecimentos ao Prof. Dr. Ricardo Malagoni por ter aceitado me orientar neste tema e a Prof^a. Dr^a. Márcia Gonçalves, que esteve presente durante a realização deste trabalho, oferecendo seu tempo, conhecimento e ótimas conversas.

Gratidão a UFU, que me fez chorar e sorrir, me deu amigos maravilhosos e momentos inesquecíveis.

Amor e carinho aos meus amigos do curso de Engenharia Química, que me acompanharam ao longo do curso, em especial a Beatriz que desde o primeiro dia de aula, não saiu do meu lado e se tornou uma amiga da vida toda. Agradeço também ao Bruno Okoti, kindly Miranda, Rafael Yuri, Matheus Martins, Marina Lima, Ricardo Fernandes, Jessica Viera e Murilo Rocha.

Agradeço aos meus amigos que alegraram ainda mais esta fase da minha vida, em especial a Mariana Leal, grande amiga de todos os momentos. Gratidão aos amigos Valdeir Jr, Augusto Salgado, João Victor Leal, Mateus Otoni, Fernanda Rossi, Guilherme Bernardes, Dulles Gomes, Belissa Nogueira, Larissa Chagas, Camila Lima, Iago Pereira, Gabriel Faria, Wesley Reis, Puffy e Aika.

Agradeço a todos que sonharam e contribuíram com este sonho e realização deste trabalho.

Higiene Ocupacional: Gases e Vapores

Marcella Almeida Rubens

2019

RESUMO

O tema desta monografia trabalha a ligação entre a Higiene Ocupacional e os agentes químicos do tipo gases e vapores no ambiente de trabalho, tendo em vista, aclarar como a higiene ocupacional pode antecipar, reconhecer, avaliar e controlar tais agentes. Tratando-se de um trabalho de base teórica, os métodos utilizados foram a pesquisa por meio de livros, monografias, teses, artigos científicos da área e, principalmente, foi baseada nas normas regulamentadoras da legislação que abordam tais agentes químicos. Os gases e vapores apresentam diferentes classificações quanto aos aspectos químicos e fisiológicos, no entanto, por possuírem comportamento no ar similar, na higiene ocupacional, os mesmos são estudados em conjunto, usando metodologia de amostragem e análise laboratorial freqüentemente similares. Por serem altamente perigosos, os gases e vapores devem ser caracterizados e quantificados de uma forma técnica e segura na ambiência de trabalho, usando como referência os requisitos legais aplicáveis no Brasil e em legislação internacional, existindo tecnologias eficientes para sua caracterização e quantificação.

Palavras-chave: Higiene; Ocupacional; Gases; Vapores.

ABSTRACT

The theme of this monograph is the link between occupational hygiene and chemical agents of the gases and vapors type in the workplace, in order to explain how occupational hygiene can anticipate, recognize, evaluate and control such agents. As a theoretical academic paper, the methods used were the research through books, monographs, theses, scientific articles of the area and specially was based on the regulatory norms of the legislation that embrace such chemical agents. The gases and vapors include different classifications about the chemical and physiological aspects, however, because they have similar behavior in the air, in the occupational hygiene, they are studied together, using sampling methodology and laboratory analysis that are often similar. Because they are highly dangerous, gases and vapors must be characterized and quantified in a safe and technical way in the work environment, using as reference the legal requirements applicable in Brazil and in international legislation, existing efficient technologies for their characterization and quantification.

Keywords: Hygiene; Occupational; Gases; Vapors.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- Classificação dos Aerodispersóides	7
FIGURA 2- Pintura na forma de spray – Névoa	9
FIGURA 3 - Sistema Respiratório Humano.....	12
FIGURA 4 - Diagrama de Fases	21
FIGURA 5 - Diferença entre gases e vapores	22
FIGURA 6- Classificação de Gases e Vapores	24
FIGURA 7- Tubo Colorimétrico.....	38
FIGURA 8- Tubo de Carvão Ativo	40
FIGURA 9 - Impinger	41

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Exemplos de Formação Acidental de Agentes Químicos	6
<i>QUADRO 2- Exemplos de Doenças Produzidas por Poeiras</i>	<i>19</i>

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Tipos de Poeiras.....	8
TABELA 2- Conversão de Unidades de Concentração.....	31

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 AGENTES QUÍMICOS	6
2.1 Aerodispersóides	7
2.1.2 Poeira.....	7
2.1.3 Fumos	8
2.1.4 Névoas	8
2.1.5 Neblina	9
2.1.6 Fibras	10
2.2 Gases e Vapores	10
2.3 Sistema Respiratório e Doenças Ocupacionais Provocadas por Produtos Químicos	10
2.3.1 Sistema Respiratório.....	11
2.3.2 Vias de penetração dos tóxicos no organismo.....	14
2.3.2.1 <i>Via respiratória</i>	14
2.3.2.2 <i>Via percutânea (pele)</i>	15
2.3.2.3 <i>Via digestiva (ingestão)</i>	15
2.3.3 Classificação fisiológica dos aerodispersóides.....	15
2.3.4 Fatores de risco dos contaminantes	16
2.3.4.1 <i>Concentração do agente químico</i>	16
2.3.4.2 <i>Frequência respiratória e capacidade pulmonar</i>	16
2.3.4.3 <i>Sensibilidade individual</i>	17
2.3.4.4 <i>Toxicidade</i>	17
2.3.4.5 <i>Tempo de exposição</i>	17
2.4 Doenças ocupacionais	17
CAPÍTULO 3 GASES E VAPORES	20
3.1 DIFERENÇA ENTRE GASES E VAPORES.....	20

3.1.1 Temperatura Crítica dos Gases e Vapores.....	21
3.1.2- Pressão de Vapor.....	23
3.1.3- Solventes Orgânicos.....	23
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS GASES E VAPORES.....	24
3.2.1- Classificação Química dos Gases e Vapores.....	24
3.2.2- Classificação Fisiológica dos Gases e Vapores.....	25
3.2.2.1 Irritantes	25
3.2.2.2 Anestésicos	26
3.2.2.3 Asfixiantes	27
3.2.2.4 Sensibilizantes	28
3.2.2.5 Sistêmicos	28
3.2.2.6 Alergênicos	28
3.2.2.7 Cancerígenos	29
3.2.2.8 Mutagênicos e teratogênicos	29
CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DOS GASES E VAPORES	30
4.1 Unidades de Medidas dos Gases e Vapores	30
4.2 DEFINIÇÕES IMPORTANTES.....	31
4.2.1 Limite de Tolerância.....	31
4.2.1.1 Limite de Tolerância Média Ponderada.....	32
4.2.2 Nível de Ação (NA).....	32
4.2.3 Valor Teto (VT).....	33
4.2.4 Nexo causal	33
4.3 NR 15, Portaria 3214/78.....	33
4.4 SISTEMA DE AMOSTRAGEM	35
4.5 INSTRUMENTOS UTILIZADOS E METODOLOGIA.....	36
4.5.1 Aparelhos de leitura direta.....	36
4.5.1.1 Tubos detectores colorimétricos.....	36
4.5.1.2 Aparelhos eletrônicos	38
4.5.1.3 Outras formas de leitura direta	39

4.5.2 Aparelhos de leitura indireta	39
4.5.2.1 <i>Tubo de carvão ativo ou sílica gel</i>	40
4.5.2.2 <i>Impinger</i>	40
4.5.2.3 <i>Coleta de Ar Total</i>	41
4.6 Medidas de Controle.....	41
4.7 Gases e Vapores no ambiente de trabalho	43
CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO	45
ANEXO A	51

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

O crescimento tecnológico proporcionou enormes benefícios e conforto para o ser humano. Contudo, apesar das grandes vantagens advindas, o avanço também expôs os trabalhadores a diversos agentes potencialmente nocivos que, sob certas condições, podem ocasionar doenças ocupacionais ou desajustes no organismo decorrentes das condições de trabalho (PEIXOTO E FERREIRA,2013).

É desconhecido o momento em que se iniciou o cuidado com a preservação da saúde e segurança na atmosfera de trabalho. Acredita-se que este anseio já existia até mesmo antes de Cristo, haja visto que, relatos como o do Papiro egípcio - "Papiro Seller II" (2360 a.C., AUTOR DESCONHECIDO) - que relaciona o trabalho com o adoecimento, assim como suas consequências, devido à grande quantidade de trabalho e baixo fator de proteção e preocupação com a saúde. Barreto e Martins (2017) trazem outro relato interessante a ser citado, em que PLÍNIO, "o Velho" (23 – 79 d.C.), em seu livro "De Historia Naturalis", trata temas referentes à segurança do trabalho, descrevendo as deficiências causadas nos mineradores de chumbo, zinco e enxofre, recomendando o uso de máscaras protetoras, que pode ser considerado como a primeira vez em que um EPI (Equipamento de Proteção Individual) foi usado.

A higiene ocupacional é responsável por antecipar, verificar, considerar e controlar os agentes ou processos produtivos utilizados que podem colocar em perigo a saúde e integridade do trabalhador em sua atmosfera de trabalho.

“A higiene industrial é uma ciência e uma arte que objetiva a antecipação, o reconhecimento, a avaliação e o controle dos fatores ambientais e estresses, originados nos locais de trabalho. Esses podem provocar doenças, prejuízos à saúde ou ao bem-estar, desconforto significativo e ineficiência nos trabalhadores ou entre as pessoas da comunidade.” (ACGIH,2012)

A NR 9, contida na Portaria 3.214 de 1978, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, tem como objetivo fazer a gestão da higiene ocupacional da empresa, desta forma, estabelece a obrigatoriedade da elaboração e efetivação, por todas as empresas e instituições que admitam trabalhadores como empregados, visando à preservação da integridade e bem estar dos mesmos, pela antecipação, reconhecimento, avaliação e

consequente controle dos eventos de riscos ambientais existentes ou que venham a existir, levando em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais. (BRASIL, 1978)

A antecipação se baseia em ações realizadas antes da criação e instalação de qualquer novo local de trabalho. Ainda na fase de planejamento, tem como foco identificar riscos potenciais e a busca de alternativas para sua eliminação e/ou neutralização, selecionando tecnologias mais seguras e menos poluentes. Envolve inclusive, o descarte dos efluentes e resíduos resultantes em local mais adequado. Engloba também a análise de projetos de novas instalações (impacto ambiental, saúde ocupacional), equipamentos, ferramentas, métodos ou processos de trabalho, matérias-primas, ou ainda, modificações. A APR (Análise Preliminar de Riscos), por exemplo, pode ser realizada no projeto de novas instalações, como uma técnica de análise de riscos. (PEIXOTO E FERREIRA, 2013)

O reconhecimento utiliza-se de ferramentas de informação como o PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – NR 09), o Mapa de Riscos Ambientais (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – NR 05), a NR 15, que contempla a insalubridade do ambiente, a NR 16 relacionada a periculosidade do ambiente de trabalho e técnicas de análise de riscos industriais. Tais ferramentas são utilizadas para identificar os diversos fatores ambientais relacionados aos processos de trabalho, entender todo o seu processo (etapas, subprodutos, rejeitos, produtos finais, insumos) e compreender a natureza e dimensão de seus efeitos na saúde dos trabalhadores ou no meio em que trabalham. Identificam agentes químicos, biológicos, ergonômicos e/ou físicos que possam acarretar de alguma forma danos à saúde do trabalhador, para isso, analisa as diferentes operações e processos, visando escanear o ambiente de trabalho em prol do indivíduo e da higiene do meio (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

A avaliação é feita com base na etapa de reconhecimento, podendo ser qualitativa ou quantitativa. Ela investiga os agentes ambientais (físicos, químicos, biológicos), podendo emitir um juízo de tolerabilidade sobre o mesmo. Atualmente, a avaliação está inserida dentro de um processo que se convencionou chamar de Estratégia de Amostragem, que requer conhecimentos da engenharia, assim como, domínio dos recursos instrumentais de laboratório (química analítica). Consiste em confrontar a informação de exposição ambiental com um critério adequado, para assim avaliar a tolerabilidade (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

O controle verifica o que pode ser feito para solucionar ou atenuar um determinado problema de acordo com os dados obtidos nas etapas anteriores. A etapa de controle adota medidas sobre os equipamentos e realiza ações específicas de controle, como projetos de

ventilação industrial, utilizando conhecimento da engenharia. Durante essa fase, são tomadas medidas administrativas, que podem interferir sobre operações, traçando novas rotas que possam eliminar ou reduzir a exposição e definir ações de controle no indivíduo. Durante o processo de implementação das medidas tomadas na etapa de controle ou quando não for possível o controle coletivo ou administrativo, deve-se utilizar o EPI adequado ao meio, até mesmo como complemento de proteção (MANUAL SESI, 2017).

Na maioria das atividades industriais existem processos capazes de gerar, no ambiente de trabalho, substâncias e fenômenos físicos que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade, ao entrarem em contato com o organismo dos trabalhadores, podem produzir moléstias ou danos à sua saúde. A NR-09, Portaria 3.214 (BRASIL, 1978), “considera riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.”

Consideram-se agentes físicos fatores ambientais de natureza física; alguma forma de energia liberada pelas condições dos processos e equipamentos a que será exposto o trabalhador. Sua denominação habitual: ruído, vibrações, calor/frio (interações térmicas), radiações ionizantes e não ionizantes, pressões anormais, infrassom, ultrassom.

Consideram-se agentes biológicos aqueles que são formados por microrganismos, geneticamente modificados ou não, culturas de células, os parasitas, as toxinas e os príons.

Por agentes químicos entendem-se os aerodispersóides e o gases e vapores. Os aerodispersóides são classificados como poeiras, fumos névoas, neblinas e de fibras, mantendo-se em suspensão no ar, podendo contaminar o ambiente de trabalho, provocando desconforto e diminuição de sua eficiência e produtividade ou podendo levar a doenças com incapacitação e morte (BREVIGLIERO, 2010).

Os aerodispersóides podem estar na condição sólida ou líquida, suspensos ou dispersas no ar. Por possuírem tamanhos insignificantes e massa extremamente reduzida, nem mesmo a ação da gravidade é capaz de provocar sua deposição imediata. Com isso, os aerodispersóides podem levar muito tempo para depositarem-se, tornando-se um risco à saúde do trabalhador (CAMISASSA, 2013).

Os gases e vapores são substâncias que têm a mesma forma do ar, por isso se misturam perfeitamente a ele, sendo que, vapor se refere à matéria no estado gasoso em equilíbrio com o seu líquido ou sólido correspondente. Ao aumentar sua pressão ou diminuir sua temperatura,

são dadas condições aos vapores para que voltem a ser líquidos. Os dois fatores separadamente ou em conjunto podem causar o efeito desejado; já, no caso dos gases, para que sejam liquefeitos é necessário que simultaneamente se diminua a temperatura e aumenta-se a pressão. (FOGAÇA, 2019)

A NR 15, presente na Portaria n 3214 do Ministério do Trabalho, ocupa-se das atividades ou operações insalubres, definindo de maneira específica todos os agentes que podem ocasionar insalubridade no meio de trabalho, relatando limites de exposição saudáveis e possíveis situações de risco. Descreve também, as ações jurídicas que devem ser tomadas quanto aos direitos do trabalhador, além de auxiliar e estabelecer medidas de segurança necessárias para promover a saúde e segurança do mesmo. (BRASIL, 1978)

No que se refere à agentes químicos, a norma regulariza em seu anexo 11 diversos tipos de substâncias, caracterizando-as como: (a) Insalubridade de grau máximo; (b) Insalubridade de grau médio; (c) Insalubridade de grau mínimo.

O Anexo 12 da NR 15, refere-se aos limites de tolerância para poeiras minerais. O anexo em questão, concede ao empregador a responsabilidade de elaborar normas de procedimento em situações de emergência, informando e fornecendo treinamento específico, além de proporcionar toda proteção necessária aos trabalhadores, limitar o desprendimento da poeira no ar e prevenir a eliminação dos resíduos que contenham essas poeiras minerais. Vale ressaltar que a empresa deverá realizar a avaliação ambiental de poeira nos locais de trabalho, em intervalos de até 6 meses. O Anexo 12 traz o limite de tolerância para fibras respiráveis de asbesto crisotila. A solicitação para a avaliação ambiental pode ser requisitada pelos seus trabalhadores e/ou seus representantes, sendo-lhes concedido o direito de contestar os resultados das avaliações no órgão competente (BRASIL, 1978).

Tratam-se no Anexo 13 as atividades e operações insalubres envolvendo agentes químicos. Neste anexo são consideradas insalubres as atividades que em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho trazem problema à saúde do trabalhador, ou seja, é necessário avaliar no local de trabalho, verificar se tais atividades possuem consequências ao bem estar do trabalhador e complementar com o que é encontrado na legislação. As atividades ou operações com os agentes químicos presentes nos Anexos 11 e 12 são excluídas dessa relação. O anexo 13, descreve por elementos químicos o grau de insalubridade de grau mínimo, médio e máximo, assim como, cita as substâncias cancerígenas e o procedimento a ser tomado em relação às mesmas (BRASIL, 1978).

São utilizados equipamentos fixos no interior dos ambientes ocupacionais e/ou equipamentos portáteis (para avaliações ocupacionais da exposição dos trabalhadores) para a avaliação e detecção de gases ou vapores. Cada tipo de substância requer a consulta de uma metodologia padronizada, porém, existem princípios básicos dos métodos de avaliação mais utilizados, sem fazer referência a um agente específico, como a utilização de equipamentos eletroeletrônicos.

As principais vias de penetração destas substâncias no organismo humano são aparelho respiratório (inalação), pele (cutânea) e aparelho digestivo (ingestão), podendo assim atingir a corrente sanguínea, através da qual chegam a todos os órgãos do corpo humano, como cérebro, rins, fígado, etc., ocasionando uma infinidade de problemas à saúde do trabalhador, principalmente para os pulmões, mas também para a boca, laringe, faringe e todo o corpo (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Os gases e vapores, agentes químicos abordados neste trabalho, podem ser classificados em irritantes, asfixiantes e anestésicos. Esta classificação agrupa os gases e vapores do ponto de vista fisiopatológico, baseando-se no efeito mais importante, mais significativo sobre o organismo.

O objetivo deste trabalho é, portanto, abordar os riscos ambientais promovidos por agentes químicos tipo gases e vapores, suas características e classificações, bem como sua forma de avaliação e controle, dentro da visão de higiene ocupacional.

Para a realização deste trabalho foi utilizado como material de estudo artigos e publicações técnicas sobre o tema. Também foram pesquisados os requisitos legais aplicáveis, incluindo-se normas, leis e portarias regulamentadoras vigentes.

Esta monografia está escrita segundo as normas da ABNT, sendo feita, no Capítulo 2, a descrição dos aerodispersóides, citando suas diferenças e origens. O capítulo 2 aborda também o sistema respiratório e as doenças ocupacionais causadas pelos agentes químicos presentes no ambiente de trabalho. No Capítulo 3, apresenta-se a diferenciação entre gases e vapores, mostrando a classificação tanto química, quanto fisiológica dos mesmos. No Capítulo 4, descreve-se a avaliação dos gases e vapores, segundo a NR 15, indicando limites de tolerância para estes agentes químicos. No Capítulo 5, são apresentadas as conclusões desta monografia e posteriormente as referências usadas.

CAPÍTULO 2 AGENTES QUÍMICOS

No nosso cotidiano somos expostos a diversas substâncias químicas produzidas pelo homem ou advindas da natureza. Nós mesmos, possuímos no nosso corpo inúmeros elementos/compostos químicos. É possível usufruir dos benefícios promovidos pela produção de tais substâncias, porém é essencial que conheçamos os efeitos nocivos promovidos pelas mesmas. Paracelso, médico e alquimista, dizia que: “Toda a substância é tóxica, não há nenhuma que não seja tóxica; é a dose que faz a diferença entre uma substância tóxica e um medicamento.” (ADVANCECARE, 2017).

No ambiente de trabalho, o cuidados com tais substâncias, também chamadas de agentes químicos, é de suma importância para a qualidade de vida, saúde e desempenho do trabalhador. Como exposto no Capítulo 1, os agentes químicos, são substâncias que possam penetrar no organismo pela via respiratória, ou que pela natureza da atividade de exposição possam ter contato através da pele ou serem absorvidos pelo organismo por ingestão. Os agentes químicos podem ser classificados como aerodispersóides e gases e vapores.

É fácil associar um risco de uma substância ou produto, porém, quando os agentes químicos aparecem como subprodutos, ou resíduos, ou são produzidos acidentalmente como resultado de reações químicas de combustão ou pirólise, decomposição de certos materiais, ou aparecem como impurezas, a situação torna-se mais difícil de se analisar.

O Quadro 1 mostra alguns desses riscos escondidos.

QUADRO 1 - Exemplos de Formação Acidental de Agentes Químicos

Agente Químico	Situação de Produção Acidental
Óxidos de nitrogênio e ozônio	Solda elétrica (particularmente se executada em local confinado).
Óxidos de nitrogênio	Quando há contato de ácido nítrico com matéria orgânica, como madeira; decapagem de metais com ácido nítrico.
Ácido sulfídrico, amônia, metano	Decomposição de matéria orgânica (em cisternas abandonadas, velhos poços, condutos de esgotos, silos).
Ácido sulfídrico	Produção de rayon pelo processo viscose; reação de ácido sulfúrico concentrado com reboco de gesso (semidecomposto).
Arsina (ou hidrogênio arseniacal)	Contato de hidrogênio nascente com minérios ou metais contendo arsênio, ou da água com AlAs e Ca ₃ As ₂ ; ou impureza no acetileno.
Fosfina	Usinagem do ferro nodular; impureza no acetileno.
Fosgênio e ácido clorídrico	Decomposição de hidrocarbonetos clorados (tetracloroeto de carbono, tricloroetileno) pela ação de chama, calor ou radiação ultravioleta.
Monóxido de carbono	Na combustão incompleta, em fornos e fornalhas, fundições e siderúrgicas, motores de combustão interna (oficinas de reparação de automóveis, galpões fechados com máquinas em funcionamento; cozinhas fechadas com fogões a lenha, ou onde haja queima de gás).

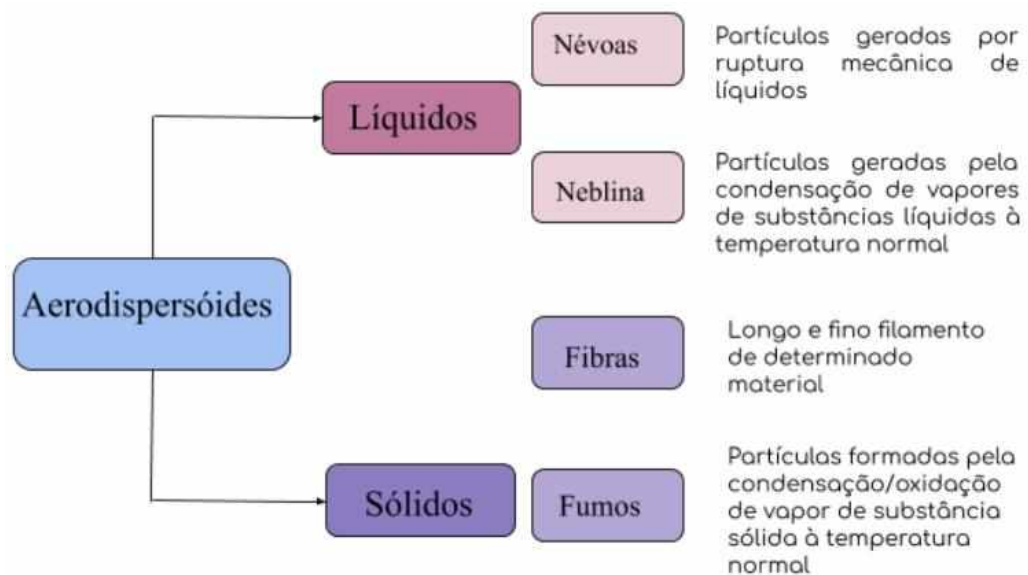
Fonte: MPSS (2001).

2.1 Aerodispersóides

São considerados aerodispersóides uma dispersão de partículas sólidas ou líquidas disseminadas no ar, ou seja, uma espécie de mistura de substâncias sólidas ou líquidas dispersas no ar que respiramos. Tem como definição de tamanho, partículas entre 0,5 e 200 microns de tamanho. Por esse motivo, os aerodispersóides recebem atenção na higiene ocupacional, uma vez que, dependendo da concentração, tamanho das partículas e tempo de exposição, eles representam sérios riscos a saúde do trabalhador. Os aerodispersóides são classificados em poeiras, fumos, névoas, neblinas e de fibras (CAMISASSA, 2016; FLORES, 2017).

A Figura 1 apresenta a classificação dos Aerodispersóides, segundo Flores (2017).

FIGURA 1- Classificação dos Aerodispersóides



Fonte: FLORES (2017).

2.1.2 Poeira

As poeiras são consideradas como aerodispersóides muito comuns e são reconhecidamente perigosas, em todo e qualquer ambiente de trabalho, dentro e fora dele. As poeiras são partículas sólidas produzidas por ruptura mecânica de um sólido (SALIBA, 2016). Geralmente, são maiores que 0,5 micrômetros. O sistema respiratório possui proteção contra as

poeiras naturais, maiores que 10 micrômetros. Existe, uma faixa de poeiras respiráveis que vai de 0,5 a 10 micrômetros e que são geradas nos processos indústrias (BREVIGLIERO et al., 2010).

A Tabela 1 apresenta os tipos de poeira e sua classificação quanto tamanho. Salienta-se que as partículas nocivas são as inaláveis e as respiráveis, não podendo ser avaliadas somente pela percepção humana.

TABELA 1- Tipos de Poeiras

Tipo de poeira	Tamanho aproximado (μm)
Sedimentável	$10 \leq \Phi \leq 150$
Inalável	$\Phi \leq 10$
Respirável	$\Phi \leq 5$
Visível	$\Phi > 40$

Fonte: SOTO (1985)

2.1.3 Fumos

Os Fumos são partículas sólidas originadas pela condensação ou oxidação de vapores de substâncias sólidas em condições normais. São partículas no estado sólido, produzidas por uma condensação dos vapores emanados da fusão, no qual podem estar presentes metais pesados, como por exemplo o zinco (Zn). Os fumos são característicos de operações que envolvem fusão de metais, normalmente em presença de processos de soldagem e fundição. Quando contêm em seus vapores metais em suspensão são denominados fumos metálicos. Um exemplo de fumos ocorre nos processos de spray metálico a quente, ou são geralmente encontrados em fábricas de baterias e em locais onde se realiza revestimento externos de peças por estes metais (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

2.1.4 Névoas

As névoas são partículas líquidas em suspensão no ar. São produzidas por atomização ou ruptura mecânica do líquido pressionado. São encontradas em procedimentos de trabalho

como pinturas na forma de spray, aplicação de agrotóxicos envolvendo nebulização, uso de óleo de corte formando névoa de óleo, etc. (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

A Figura 2 apresenta uma pintura, na forma de spray, gerando névoa.

FIGURA 2- Pintura na forma de spray – Névoa



Fonte: Área SST (2015).

2.1.5 Neblina

As neblinas são compreendidas como um conjunto de partículas líquidas que estão suspensas no ar, resultado da condensação dos vapores oriundos de substâncias no estado líquido que são voláteis. Dependendo da condição térmica que o líquido está submetido (aquecimento), o líquido pode ter facilidade de vaporizar-se (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

2.1.6 Fibras

Fibras são agentes químicos no estado sólido (partículas sólidas) que, assim como as poeiras, são originadas pelo rompimento mecânico de materiais sólidos. Porém, diferente das poeiras, as fibras são partículas mais alongadas. Seu comprimento é maior que seu diâmetro. Pode-se citar como exemplo de fibras: fibra animal (lã), fibra vegetal (algodão) e fibra mineral (cerâmica) (ÁREA SST, 2015).

2.2 Gases e Vapores

Os agentes químicos são representados pelos aerodispersóides (particulado sólido ou líquido) e pelos gases e vapores, sendo o vocábulo gás, garantido para as substâncias químicas que à temperatura de 25°C e pressão barométrica de 760 mmHg encontram-se no estado gasoso, essas não possuem forma e podem ocupar qualquer espaço disponível, como exemplo, monóxido de carbono, dióxido de carbono, nitrogênio, fosfina. O termo vapores é designado a uma substância que normalmente é líquida ou sólida a 25°C e 760 mmHg, que passa ao estado gasoso por mudanças de temperatura ou pressão, ou ambos ao mesmo tempo, sendo citados como exemplos, a nafta, gasolina, naftalina, etc. (SESI, 2007).

Tanto os gases quanto os vapores formam com o ar misturas consideradas como soluções na atmosfera e tendem a ocupar todo o espaço de um recipiente ou recinto.

2.3 Sistema Respiratório e Doenças Ocupacionais Provocadas por Produtos Químicos

No Brasil, apesar de frequentes, as doenças ocupacionais são pouco conhecidas do grande público. Asma ocupacional, rinite ocupacional, DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica), câncer de pulmão e pneumoconioses, como a silicose, são consideradas os principais problemas adquiridos ou agravados em ambiente de trabalho, devido à exposição a agentes específicos.

“Agentes químicos são substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão” (BRASIL, 1978).

Como expresso na NR 9, a legislação se compromete somente com agentes químicos que possam penetrar o organismo por meio respiratório, abstendo-se, como será mostrado nos próximos tópicos, em relação a outras formas de contaminação.

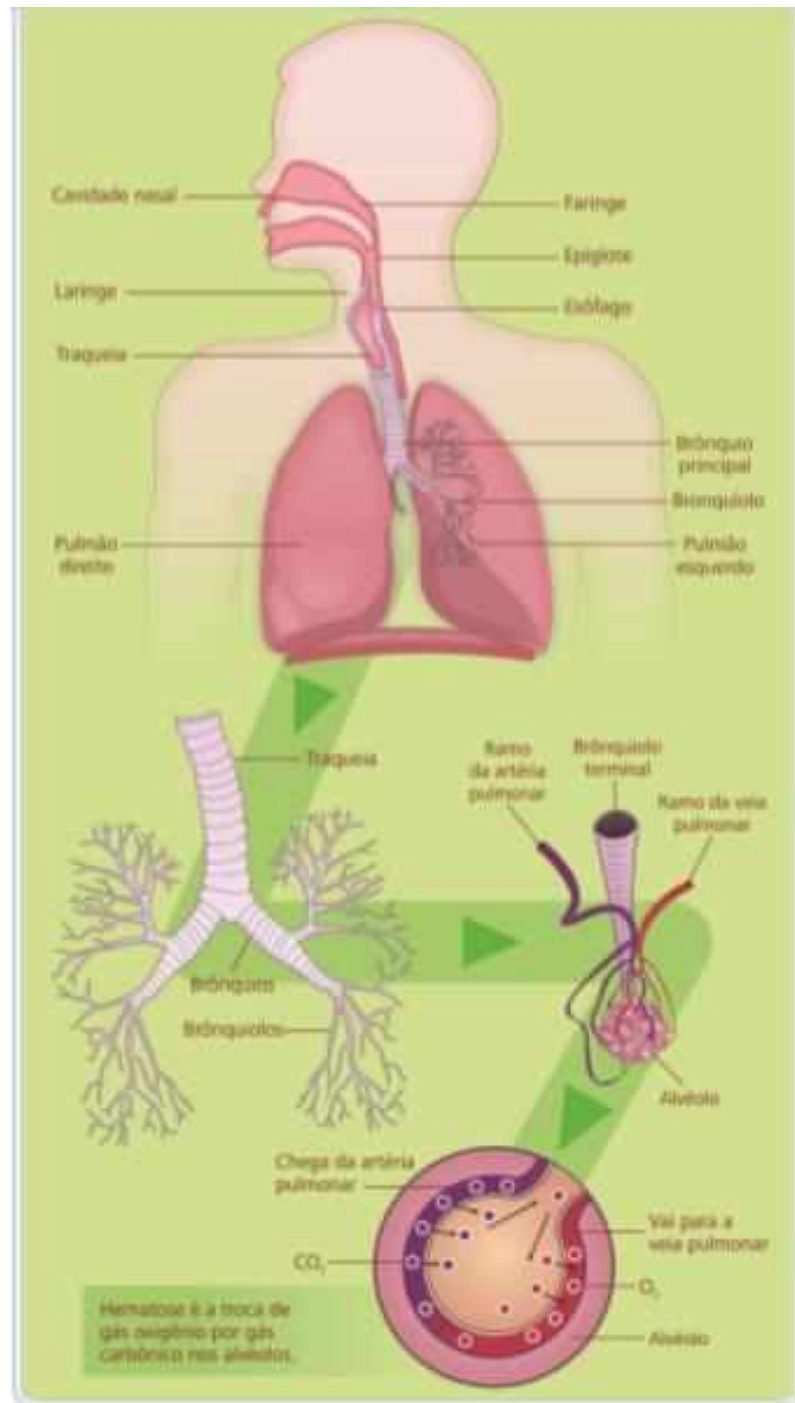
2.3.1 Sistema Respiratório

Grande parte dos tecidos do organismo humano necessita de oxigênio para produzir energia. Por esse motivo, o fornecimento desse elemento para que as células funcionem normalmente deve ser contínuo, eliminando o produto secundário, o dióxido de carbono (CO_2) ao ambiente. O sistema respiratório funciona de forma interligada ao sistema circulatório, já que o sangue é o meio de transporte do gás oxigênio dos pulmões às células, e, o gás carbônico, das células aos pulmões. Esse processo de troca gasosa entre sistema respiratório e o sangue é denominado hematose (ABRANTES, 2018).

O sistema respiratório é constituído por um conjunto de órgãos encarregados de realizar as trocas gasosas entre o meio ambiente e o organismo. Esses órgãos controlam a entrada, filtragem, aquecimento, umidificação e saída do ar. O sistema respiratório também possui outras formas de defesa: os pêlos nasais, os cílios, o muco e os macrófagos. Os órgãos que compõem o sistema respiratório são: fossas nasais, faringe, laringe, traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos, pulmões e diafragma (ABRANTES, 2018).

A Figura 3 apresenta os componentes presentes no sistema respiratório e o processo de respiração.

FIGURA 3 - Sistema Respiratório Humano



Fonte: CTISM (2013) apud Peixoto e Ferreira (2013).

As fossas nasais são duas cavidades, uma direita e uma esquerda, separadas uma da outra pelo septo nasal. Elas iniciam-se nas narinas e terminam na faringe e são formadas por vários ossos do crânio e da face. Elas tem como função, umidificar, aquecer e filtrar o ar respirado (PORTAL EDUCAÇÃO, 2019).

A faringe pode participar tanto do sistema respiratório quanto do sistema digestório. É um canal que liga o nariz e a boca com a laringe e o esôfago. Trata-se de um tubo, cujas paredes são musculosas e revestidas de mucosa. A epiglote tem a função de não deixar que alimentos passem para os pulmões, logo ela tapa a laringe para que isso não ocorra (TODA MATÉRIA, 2016).

A traqueia, é um órgão cilíndrico, tubular e cartilaginosa, presente entre a laringe e os brônquios. A traqueia liga a laringe aos brônquios e tem como função filtrar, umedecer e conduzir o ar aos pulmões (VARELLA, 2019).

A traquéia ramifica-se em dois brônquios, que possuem estrutura semelhante à da traquéia, porém com diâmetro menor. Os brônquios fazem a ligação da traquéia com os pulmões. Estes seguem formando inúmeras bifurcações nos pulmões, onde assim, vão formando os bronquíolos (MELDAU, 2007).

Os bronquíolos, são ramificações terminais dos brônquios, que penetram os alvéolos pulmonares. Eles possuem a função de transportar o ar até os alvéolos pulmonares, onde acontecerá as trocas gasosas, conhecidas como hematose (VARELLA, 2019).

Os alvéolos, onde ocorrem as trocas gasosas entre o ar e o sangue, são minúsculos sacos aéreos, cercados por capilares sanguíneos e uma fina membrana. Presente nos pulmões, são responsáveis pelo aspecto esponjoso dos mesmos (TODA MATÉRIA, 2016).

O pulmão é o principal órgão do sistema respiratório, constituídos por milhões de alvéolos pulmonares e envolto por uma membrana, a pleura. Eles desempenham um importante papel nas trocas gasosas. Essa troca gasosa faz com que todas as células recebam o oxigênio necessário para a realização da respiração celular, além de eliminar o que não é mais necessário e foi produzido pelas células (BRASIL ESCOLA, 2019).

O diafragma desempenha papel fundamental na respiração, órgão musculomembranoso que divide o tórax do abdômen.

“Durante a inspiração, o órgão se contrai e desce, reduzindo a pressão dentro do tórax e comprimindo as vísceras do abdômen, o que facilita a entrada do ar nos pulmões. Na expiração, ocorre o processo inverso: ele relaxa e sobe, aumentando a pressão dentro do tórax e expulsando o ar dos pulmões.” (VARELLA, 2019).

O ar atmosférico é composto por diversos elementos químicos, apresentando a seguinte composição: 21 % de oxigênio, 78 % de nitrogênio e 1 % de outros gases. É

considerado ar respirável uma composição na qual o organismo humano possa ficar exposto sem sofrer danos ou incômodos. Os riscos respiratórios surgem quando há uma exposição a ambientes com deficiência de oxigênio ($C < 19,5\%$), contaminados por aerodispersóides, gases e vapores, que levem a situações ambientais consideradas perigosas à vida e saúde, ou àquelas que produzam efeitos nocivos a curto ou longo prazo (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

2.3.2 Vias de penetração dos tóxicos no organismo

A exposição dos trabalhadores a substâncias químicas pode acarretar riscos à sua saúde. Como quase todos os agentes químicos são nefastos à saúde, é importante que todos os procedimentos e equipamentos que possam garantir a segurança dos trabalhadores sejam utilizados, uma vez que são várias as vias pelas quais o trabalhador pode ser contaminado: inalação - via respiratória -; por ingestão - via digestiva - ou em contacto com a pele - via cutânea. O ponto de partida para a minimização dos riscos no ambiente de trabalho é a realização do diagnóstico das condições reais do meio, visando qualificar os problemas, e, amparado pelos requisitos legais, implementar as soluções cabíveis (ATLAS DA SAÚDE, 2013).

2.3.2.1 Via respiratória

À via respiratória é considerada a mais importante, não só por ser essencial para à existência humana, como também pelo fato da quantidade de ar inalado pelo trabalhador ser muito grande, sendo a respiração, como já citado anteriormente, o único meio de contaminação reconhecido pela legislação que apresenta os seus limites de tolerância para as substâncias químicas inaladas. Os Limites de Tolerância (LT) para agentes químicos levam em consideração a concentração desses agentes no ambiente (ppm e mg/m^3). Uma vez que o volume de ar aspirado durante uma jornada de trabalho varia de 7500 a 15000 litros de ar, é possível perceber a importância dos procedimentos de segurança que visam proteger a saúde do trabalhador (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

2.3.2.2 *Via percutânea (pele)*

Apesar da pele ser uma excelente barreira contra a entrada de substâncias químicas, algumas dessas substâncias possuem a capacidade de agir na superfície da pele, ocasionando irritação, outras podem causar sensibilização, que ocorre quando se combinam com proteínas da pele, e outras podem ainda difundir-se através da pele, atingindo o sangue, e produzirem efeitos tóxicos. O fato dos limites de tolerância levarem em consideração apenas a absorção por via respiratória, é necessário garantir que todas as precauções possíveis com tais produtos sejam tomadas, pois o fato de apresentarem concentrações abaixo do LT, não garante que o trabalhador esteja protegido. São apresentados, no anexo 11 da NR 15, os produtos químicos que não devem entrar em contato com a pele, baseado nas suas propriedades, indicado através de um sinal (+), no referido anexo (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

2.3.2.3 *Via digestiva (ingestão)*

A ingestão de produtos químicos, normalmente ocorre de maneira acidental, sendo assim, considerada uma via secundária. A ingestão pode ser consequência de maus hábitos alimentares, como o fato de não lavar as mãos antes das refeições, ou antes de fumar, por exemplo.

2.3.3 Classificação fisiológica dos aerodispersóides

Segundo Peixoto e Ferreira (2013), as partículas nocivas ao ser humano podem ser classificadas como:

a) Incômodas – são partículas das quais não possuem asbesto (amianto) ou possuem teor de sílica cristalina abaixo de 1 %, sem efeito tóxico conhecido, mas que não podem ser consideradas biologicamente inertes. Exemplos: gesso, calcário, etc.

b) Fibrogênicas – alteram a estrutura celular dos alvéolos, restringindo a capacidade de troca de oxigênio. Exemplos: sílica cristalina, amianto, berílio, ferro e algodão.

c) Irritantes – irritam, inflamam e ulceram o trato respiratório. Exemplos: névoas ácidas ou alcalinas.

- d) Produtoras de febre – produzem calafrios e febre. Exemplos: fumos de cobre e zinco.
- e) Sistêmicas – provocam danos em órgãos ou sistemas do organismo. Exemplos: cádmio, chumbo e manganês.
- f) Alergênicas – produzem reações alérgicas devido à formação de anticorpos. Exemplos: pólen, pelos de animais e fungos.
- g) Cancerígenas – provocam câncer após período latente. Exemplos: amianto, cromatos e radionuclídeos.

2.3.4 Fatores de risco dos contaminantes

O potencial tóxico dos produtos químicos leva em conta alguns fatores: (i) sua concentração, (ii) a frequência respiratória e capacidade pulmonar, (iii) a sensibilidade individual, (iv) a toxicidade e o (v) tempo de exposição.

2.3.4.1 Concentração do agente químico

Os efeitos nocivos sobre o organismo humano de substâncias químicas é proporcional à sua concentração. Quanto maior a concentração dessas substâncias, maiores serão os seus danos. Portanto, há a necessidade de dimensionar corretamente os métodos de amostragem, até mesmo escolha equipamentos de medição envolvidos, que devem ser adequados e precisos (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

2.3.4.2 Frequência respiratória e capacidade pulmonar

A capacidade pulmonar do trabalhador e sua frequência respiratória são fatores importantes para a avaliação dos agentes químicos, já que, quanto maior a quantidade de ar inalado durante a jornada de trabalho, maior a quantidade de agente químico absorvido, podendo ser nocivo ao organismo (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

2.3.4.3 Sensibilidade individual

A sensibilidade individual é uma característica de cada trabalhador. O nível de resistência e as características pessoais podem levá-lo a sofrer os efeitos da exposição com certos produtos químicos, mesmo que os mesmos estejam com exposições abaixo dos valores estabelecidos nos limites (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

2.3.4.4 Toxicidade

A toxicidade é um elemento que compõe o fator de risco do contaminante, que tem como definição o potencial tóxico da substância no organismo. Em casos de substâncias em que o limite de tolerância é um valor muito pequeno, deve-se tomar cuidado, pois essas substâncias podem gerar efeitos nocivos mesmo em pequenas concentrações.

2.3.4.5 Tempo de exposição

O tempo em que a pessoa fica exposta ao contaminante durante o tempo de trabalho influencia também nos efeitos nocivos que podem ocorrer (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

2.4 Doenças ocupacionais

Após entrar em contato com o organismo, os agentes químicos podem promover efeitos tóxicos, incluindo efeitos imediatos (agudos) ou os efeitos a longo prazo (crônicos). Tais situações vão depender dos fatores citados nos fatores de riscos contaminantes descritos no item 2.2.4. As partes do corpo mais afetadas são os pulmões, a pele, o sistema nervoso (cérebro e nervos), a medula óssea, o fígado e os rins. Os agentes químicos podem causar doenças, sendo necessário sempre verificar o limite de tolerância (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

As doenças do grupo das pneumoconioses podem ser causadas quando trabalhadores ficam expostos por um grande período de tempo a poeiras, sem uma proteção adequada.

Oferecem perigo por causar enrijecimento dos tecidos pulmonares. A inalação de carvão mineral é um exemplo de pneumoconiose, e traz como consequência o acúmulo destas poeiras nos alvéolos pulmonares e uma reação nos tecidos. No Brasil, nos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, existem minas com elevada concentração de sílica, pela presença de contaminantes minerais nas rochas (BRASIL, 2001). É possível encontrar as poeiras com sílica em lugares onde se faz perfurações de rochas, construção civil, jateamento de areia, assim como, na fabricação de vidros e cerâmicas.

As ulcerações do septo nasal são consequência de meios de trabalho onde há o contato com aerodispersóides irritantes, produtores de um processo inflamatório crônico, podendo ocorrer ou não secreção sanguinolenta, ardor e dor nas fossas nasais. As ulcerações estão relacionadas também com a respiração de fumos nocivos a saúde (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

A siderose é uma pneumoconiose ocasionada pela inalação de poeiras e fumos contendo óxidos de ferro, presentes em atividades extrativas de minério de ferro, produção de pigmentos naturais, metalurgia de aço, ferro e ligas, soldadura a arco elétrico, polimento de metais com óxidos de ferro em cutelaria de aço e prata, além de outras atividades afins (SOUZA, 1998). É considerada uma doença benigna (SOUZA, 1998).

A asma é uma doença frequente entre os trabalhadores. Julga-se que em torno de 1.275.000 brasileiros possuem asma causada ou acentuada por condições de trabalho e 900.000 brasileiros apresentam DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica) ligadas ao ambiente de trabalho. Asma ocupacional, rinite ocupacional, DPOC, câncer de pulmão e pneumoconioses são algumas das doenças que afligem os trabalhadores em ambiente de trabalho, resultado da exposição a agentes específicos, como a poluição do ar, gases, fumos ou partículas nocivas. O tipo de doença pulmonar, dependente da região de depósito do agente químico, também depende de fatores como o tamanho de partícula e o seu tipo. As partículas maiores podem ficar retidas nas narinas ou nas grandes vias aéreas, mas as menores atingem os pulmões (PREVENTOR, 2013).

A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC/OMS) lista 19 causas de câncer de pulmão de origem ocupacional e mais de uma centena de prováveis cancerígenos. O amianto pode ser citado como exemplo de substância química comprovadamente cancerígena, assim

como, o cádmio, o cromo, o níquel, a sílica, névoas de vapores de ácidos fortes e alcatrões (PREVENTOR, 2013).

É considerada faringite aguda qualquer inflamação aguda da faringe. Pode ser classificadas como amigdalite (apenas a amígdala palatina está desestabilizada); faringite (apenas a parede posterior da faringe está afetada); adenoidite (somente a amígdala faríngea está envolvida) e angina (processo global, atingindo as amígdalas palatinas, a faríngea e a parede posterior da faringe). As principais causas de faringite aguda são virais, bacterianas ou fúngicas, porém, a névoa está relacionada a esta doença como fator de risco ocupacional, pelo fato de que um líquido submetido a processo eletroquímico forma gases em seu interior e estes, ao borbulhar, geram as gotículas no ar que, por carregarem os ácidos em solução, são muito agressivos às mucosas (MPSS, 2001).

O Quadro 2 apresenta alguns exemplos de doenças desenvolvidas por poeiras inorgânicas.

QUADRO 2- Exemplos de Doenças Produzidas por Poeiras

Pneumoconiose	Agente(s) etilógico(s)
Asbestose	Inalação de fibras microscópicas de asbesto. A doença é progressiva, resultando em cicatrização dos pulmões com tecido fibroso (fibrogênica).
Silicose	Inalação de poeiras contendo sílica cristalina livre, caracterizada pela formação de cicatrizes nos pulmões (fibrogênica)
Pneumoconiose do trabalhador do carvão	Inalação de poeiras contendo carvão mineral e vegetal. Caracterizada por cicatrizes nos pulmões, que muitas vezes danifica os pulmões e pode levar à falta de ar (fibrogênica)
Siderose	Inalação de poeiras de óxido de ferro (não fibrogênica)

Fonte: PEIXOTO E FERREIRA (2013).

CAPÍTULO 3 GASES E VAPORES

São abordadas neste capítulo as principais diferenças entre os agentes químicos do tipo gases e vapores e apresentando-as também suas classificações.

3.1 DIFERENÇA ENTRE GASES E VAPORES

Apesar dos agentes químicos gases e vapores, serem considerados erroneamente por muitos como sinônimos, esses agentes possuem conceitos bem diferentes. O gás é definido como um conjunto de moléculas dispersas no ar, atuando de forma desordenada, resultante de forças internas fracas e que, sob condições de temperatura e pressão atmosféricas (normais), já está no estado gasoso. Sendo assim, os gases ocupam espaços em sua totalidade, chegando a adquirir a concentração de 100% do volume (FERREIRA E PEIXOTO, 2013).

Por se encontrarem no estado fluido, é necessário, para que ocorra uma mudança de estado físico nestes sistemas, que ocorra um aumento de pressão e diminuição da temperatura simultaneamente. Logo, o gás é uma substância no estado gasoso quando submetida a condições normais de temperatura e pressão (Cntp), 25°C e sob pressão de 760 mmHg (FOGAÇA, 2018).

Os vapores são substâncias no estado gasoso que, quando condicionados a temperatura ambiente de 25°C e pressão atmosférica de 760 mmHg, apresentam-se no estado líquido. (FOGAÇA, 2018). A pressão de vapor e a temperatura ambiente são fatores que influenciarão na sua concentração no meio ambiente. A vaporização de um produto no ar e a elevação da pressão são proporcionais à temperatura. Quanto mais elevada a temperatura, maior a sua vaporização (FERREIRA E PEIXOTO, 2013). O vapor é um estado no qual a substância pode facilmente se liquefazer, ou seja, voltar ao estado líquido, apenas se aumentada a pressão do sistema ou se a temperatura for abaixada, separadamente.

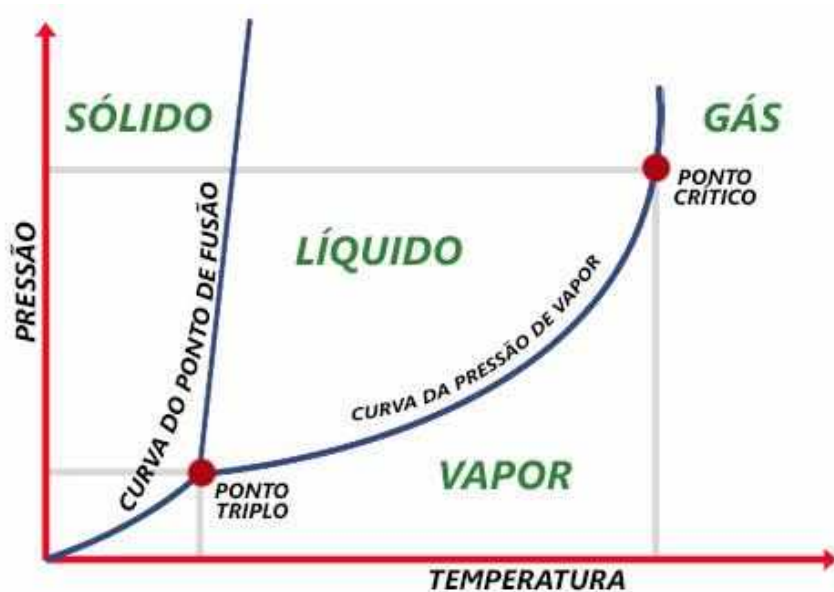
Com base nisso, é possível dizer que todo vapor é um gás, mas nem todo gás é um vapor. Para compreender melhor a diferença entre os dois, podemos supor um gás e um vapor em um determinado ambiente, na temperatura de 29°C e pressão de 760mm Hg. Quando o ambiente for resfriado até a temperatura de 25°C, o gás continuará no estado gasoso, já o vapor passará a ser líquido ou sólido. É fácil notar que diferente dos aerodispersóides, os

gases não se aglomeram nem se sedimentam, suas moléculas estão sempre separadas, dispersas no ar (FOGAÇA, 2018).

3.1.1 Temperatura Crítica dos Gases e Vapores

A temperatura crítica é uma variável importante para diferenciar gases e vapores. Trata-se da temperatura acima da qual a substância somente existe na forma de gás, sendo impossível mudar seu estado gasoso para o líquido apenas com o aumento da pressão. Pelo diagrama de fases apresentado na Figura 4, é possível entender melhor o que significa a temperatura crítica. Em cada fase (sólida, líquida e gasosa), a substância é uniforme em relação à sua composição química e ao estado físico. Cada linha representa uma mudança de fase e mostra duas fases coexistindo de forma estável. No diagrama de fases, as curvas de fusão, de vaporização e de sublimação convergem no ponto triplo. O ponto crítico determina qual a condição para que a divisória entre líquido e vapor desapareça. A partir dele é obtido uma única fase uniforme, encontrando-se a substância no estado gasoso. Esse ponto, característico de cada substância, é definido pela pressão crítica e pela temperatura crítica (SILVA, 2018).

FIGURA 4 - Diagrama de Fases



Fonte: CARVALHO (2017).

Uma substância que se encontra na fase gasosa, que possui temperatura superior à temperatura crítica, continua no estado gasoso, independente da pressão a que esteja submetida. Logo, o vapor se diferencia do gás por se tratar de uma substância na fase gasosa a uma temperatura igual ou inferior à temperatura crítica. O vapor pode ser condensado (transformado em líquido) ou cristalizado (transformado em sólido) por aumento de pressão, mantida constante a temperatura. O gás é a substância na fase gasosa a uma temperatura superior à temperatura crítica. Se a temperatura for mantida constante, o gás não pode ser condensado por aumento de pressão (SILVA, 2018).

Dessa forma, a Figura 5 resume de forma simples a diferença entre os gases e vapores pela temperatura crítica.

FIGURA 5 - Diferença entre gases e vapores



Fonte: FOGAÇA (2018).

Um exemplo da temperatura crítica, ocorre quando se observa a temperatura crítica da água, que possui o valor de 374°C. Observa-se que, abaixo dessa temperatura, a água está no estado de vapor e acima dela, a água é um gás. Assim, como para todas as substâncias, as características da água no estado de vapor e no estado gasoso são diferentes (FOGAÇA, 2018).

Por possuírem comportamento no ar de modo similar, na higiene ocupacional, os gases e vapores são estudados em conjunto. Os métodos utilizados para sua amostragem nos meios de trabalho, assim como na análise laboratorial, são freqüentemente similares.

3.1.2- Pressão de Vapor

A pressão de vapor está intimamente interligada com a tendência natural que os líquidos tendem a vaporizar, passar a fase vapor. Definida como a pressão de equilíbrio que as moléculas do líquido exercem quando escapam da superfície líquida e transformam-se em vapor. A pressão de vapor está relacionada à natureza do líquido, temperatura e velocidade na qual o líquido vaporiza, sendo esta última dependente de dois fatores: (a) área da superfície do líquido; (b) temperatura do líquido; (c) movimentação do ar. Vale ressaltar que a pressão de vapor independe da quantidade de líquido presente (MANUAL SESI, 2007).

3.1.3- Solventes Orgânicos

Por serem amplamente usados no meio de trabalho e possuírem facilidade para evaporar e misturarem-se com o ar nos locais de trabalho, podendo atingir concentrações bastante elevadas. É importante fazer um destaque em relação aos solventes orgânicos. Trata-se de uma substância química ou de uma mistura de substâncias químicas que tem como capacidade dissolver outros materiais, como borrachas, resinas, tintas, vernizes etc. (MANUAL SESI, 2007).

Os solventes, na maioria das vezes orgânicos, possuem algumas propriedades comuns. Normalmente são líquidos voláteis de elevada pressão de vapor, inflamáveis, que podem formar misturas explosivas. São uma mistura de vários componentes, às vezes bastante complexa, quando tais componentes são derivados de petróleo, e, geralmente, são substâncias pouco polares e pouco solúveis em água (MANUAL SESI, 2007).

De acordo com as suas propriedades químicas, podem ser classificados como: hidrocarbonetos alifáticos (cadeia aberta), hidrocarbonetos cíclicos (cadeia fechada), hidrocarbonetos aromáticos (que contêm o anel benzênico), hidrocarbonetos halogenados (contêm substâncias desse grupo ligadas, ou seja, flúor, cloro, bromo ou iodo), álcoois, glicóis, éteres, ésteres, cetonas e aldeídos (MANUAL SESI, 2007).

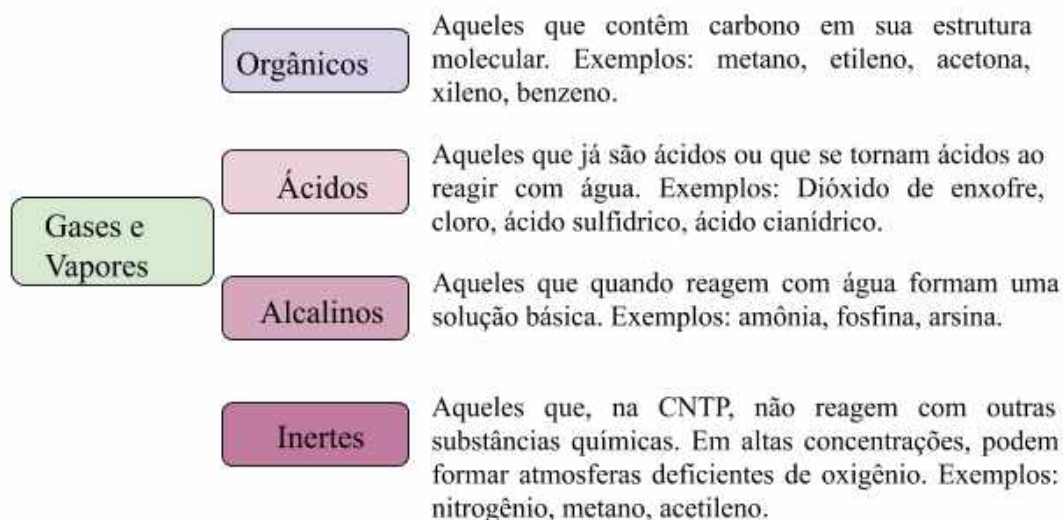
3.2 CLASSIFICAÇÃO DOS GASES E VAPORES

Será mostrado neste item a classificação dos gases e vapores tanto química quanto fisiológica.

3.2.1- Classificação Química dos Gases e Vapores

Os gases e vapores podem ser classificados de diversas formas, de acordo com as suas propriedades químicas: (a) Vapores orgânicos (álcool etílico, benzeno e xileno), (b) Gases ou vapores ácidos exemplos (cloro, ácido clorídrico e CO_2), (c) Gases ou vapores alcalinos (amônia e amina) e (d) Gases e vapores especiais (monóxido de carbono e agrotóxicos). Esta classificação é apresentada na Figura 6.

FIGURA 6- Classificação de Gases e Vapores



Fonte: FLORES (2017)

3.2.2- Classificação Fisiológica dos Gases e Vapores

Os gases e vapores possuem também uma classificação fisiológica, ou seja, de acordo com os efeitos causados no organismo à sua exposição. São classificados em irritantes, sensibilizantes, anestésicos, asfixiantes, sistêmicos, alergênicos, cancerígenos, mutagênicos e teratogênicos. Vale ressaltar, que uma mesma substância poderia ser classificada por um ou mais grupos, porém, essa classificação analisa o efeito predominante da substância no organismo humano. Os solventes, por exemplo, em sua maioria, são classificados como anestésicos, no entanto, quando uma pessoa é exposta a um solvente do tipo álcool, thinner ou acetona pode apresentar também irritação das vias respiratórias superiores (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

3.2.2.1 Irritantes

Os gases considerados irritantes, quando inalados, se dissolvem na água da mucosa do trato respiratório e causam uma resposta inflamatória, muitas vezes sendo uma resposta da liberação de radicais ácidos ou alcalinos (MANUAL MSD).

Existe uma vasta gama de gases irritantes, os quais diferem em suas propriedades físico-químicas, porém, todos ao entrarem em contato direto com a pele, conjuntiva ocular e vias respiratórias produzem inflamação, podendo causar doenças como a traqueíte, bronquite e bronquiolite. Outros agentes químicos ao serem inalados podem ser diretamente tóxicos (cianeto ou monóxido de carbono) ou até mesmo, por conta do deslocamento de O_2 , provocar asfixia (metano e dióxido de carbono). Nota-se que a ação dos gases e vapores irritantes é ditada, predominantemente, pela sua solubilidade (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Irritantes com alta solubilidade em água, afetam principalmente o nariz e a garganta, ao passo que, os agentes gasosos menos solúveis, têm seu efeito maior nos pulmões, pois é nesse local que a substância vai se solubilizar. Já os gases e vapores com solubilidade moderada, resultam em efeitos uniformes em todo o trato respiratório. Esse grupo de gases e vapores irritantes são divididos em irritantes primários, atípicos e secundários (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Os irritantes primários tem como principal ação sobre o organismo a irritação local, e que por este parâmetro pode distinguir-se em:

a) irritantes de ação sobre as vias respiratórias superiores: grupo que possui alta solubilidade na água, localizando sua ação na garganta e no nariz, ou seja nas vias respiratórias superiores. Ácidos fortes, como o ácido clorídrico ou muriático, ácido sulfúrico, ácido nítrico e álcalis fortes, tais como a amônia e soda cáustica são exemplos desse grupo. (PEIXOTO E FERREIRA, 2013)

b) Irritantes de Ação sobre os Brônquios: possuem moderada solubilidade em água, por esse motivo, conseguem penetrar a fundo as vias respiratórias, gerando assim irritação, principalmente, nos brônquios. O anidrido sulfuroso e cloro se encaixam nesse grupo (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

c) Irritantes de Ação sobre os Pulmões: apresentam baixa solubilidade na água, conseguindo assim, alcançar os alvéolos pulmonares, onde ocorrerá uma ação irritante intensa. São citados como exemplos deste grupo, os gases nitrosos (principalmente NO₂ e sua forma dímera N₂O₄) e o gás incolor, gerado a partir da decomposição térmica de tetracloreto de carbono e outros derivados halogenados, o gás fosgênio (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Irritantes Atípicos, irritam as vias respiratórias superiores, apesar de sua baixa solubilidade. Acroleína ou aldeído acrílico (gás liberado pelos motores diesel), gases lacrimogêneos são exemplos deste grupo (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Os irritantes secundários, possuem ação tóxica generalizada sobre o organismo, mesmo possuindo efeito irritante. São considerados exemplo de substância desse grupo o gás sulfídrico (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

3.2.2.2 Anestésicos

Os anestésicos possuem ação depressora no sistema nervoso central (reduz a capacidade mental e física), sendo inalada pelas vias respiratórias, chegando ao pulmão, que pela corrente sanguínea será transportada por todo o corpo. Os gases e vapores anestésicos também podem chegar a corrente sanguínea através do contato com a pele. Pela característica de sua ação no organismo, podem ser classificados em:

a) anestésicos primários: substâncias responsáveis apenas pelo efeito da anestesia, mesmo em exposições repetidas a baixas concentrações. Exemplos: hidrocarbonetos alifáticos (butano, propano, etano etc.), ésteres, aldeídos, cetonas (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

b) anestésicos de efeitos sobre as vísceras: hidrocarbonetos clorados, tais como tetracloreto de carbono, são exemplos desse grupo do qual o efeito é um risco ao fígado e aos rins (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

c) anestésicos de ação sobre o sistema formador de sangue: Normalmente as substâncias presentes nessa classificação, acumulam-se, de preferência, nos tecidos graxos, medula óssea e sistema nervoso. Podemos citar como exemplos, os hidrocarbonetos aromáticos, tais como tolueno, xileno, benzeno. Vale ressaltar, que o benzeno é uma substância de grande risco a saúde, que em exposições repetidas a baixas concentrações pode produzir uma anemia irreversível, podendo chegar a uma leucemia. O xileno e o tolueno eram usados para substituírem o benzeno, porém, atualmente, com o limite de tolerância do tolueno reduzido, já não é mais recomendada essa substituição, até porque o mesmo está classificado como uma substância carcinogênica classe A4 pela ACGIH (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

d) anestésicos de ação sobre sistema nervoso: Os álcoois (metílico e etílico) possuem ação anestésica, isso porque, são altamente solúveis na água, fato que determina a sua eliminação de forma lenta. O álcool metílico por ser eliminado lentamente do organismo, favorece sua ação tóxica, que afeta principalmente o nervo ótico, diferentemente do álcool etílico que se oxida rapidamente, precisando assim de grande inalação para produzir anestesia. Os ésteres de ácidos orgânicos e os dissulfeto de carbono também são exemplos de anestésicos de ação sobre o sistema nervoso (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

3.2.2.3 *Asfixiantes*

Esses provocam o bloqueio dos processos vitais devido à falta de oxigenação. Os asfixiantes categorizados, pelo seu mecanismo de ação tóxica em: asfixiantes simples e asfixiantes químicos.

a) Asfixiantes Simples: Quando estão em altas concentrações no ar substituem o oxigênio (metano, etano e CO₂) diminuindo a disponibilidade de ar. Ex: gases nobres, dióxido de carbono (CO₂), metano, butano e propano (GLP - gás liquefeito de petróleo) (PORTAL EDUCAÇÃO).

A NR 15, em seu Anexo 11, indica que quando asfixiantes simples, estiverem presentes no ambiente de trabalho, o mesmo deve conter uma concentração mínima de oxigênio de 18 (dezoito) por cento em volume. Quando o oxigênio estiver abaixo deste valor, será considerada

uma situação de risco grave e iminente. Os técnicos em segurança de trabalho, como ação de prevenção, devem considerar situações de risco a deficiência de oxigênio em concentrações abaixo de 19,5 por cento (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

b) **Asfixiantes Químicos:** impedem a utilização bioquímica do oxigênio (O_2), provocando asfixia. A ação dessas substâncias ocorre durante o transporte de oxigênio pela hemoglobina (Hb) e impedem o uso tecidual do oxigênio. Encontram-se nesse grupo substâncias muito diversas, tais como, o monóxido de carbono e substâncias metahemoglobinizantes, cianeto e gás sulfídrico (H_2S) (PORTAL EDUCAÇÃO, ANO).

3.2.2.4 Sensibilizantes

Os gases e vapores sensibilizantes provocam alergia e também produzem uma resposta imunológica do organismo a um químico. A indústria da borracha, corantes e aditivos são algumas das indústrias que utilizam esse tipo de gás e vapor (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

3.2.2.5 Sistêmicos

Os gases e vapores provocam alterações funcionais em órgãos ou sistemas do organismo. Eles podem produzir manifestações posteriores em um canal diferente do contato original, ou seja, ao se respirar um gás, sua consequência pode ocorrer também através da pele (MUNHOZ, 2019). Exemplos: mercúrio (sistema nervoso e rim) e fósforo (ossos).

3.2.2.6 Alergênicos

A alergia ocorre quando o sistema imunológico reage a substâncias. Normalmente esse processo ocorre em pessoas suscetíveis geneticamente a desenvolver doenças desse tipo. Ao entrar em contato com determinado alérgeno, o sistema imunológico responde com anticorpos e libera substâncias, como a histamina, responsável pelo inchaço e irritação presentes na alergia (VARELLA, 2017).

3.2.2.7 Cancerígenos

São agentes que provocam câncer após um período de latência. Exemplos: cloreto de vinila e benzeno (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

3.2.2.8 Mutagênicos e teratogênicos

“Induzem mutação e nível celular (mutagênicas) ou alterações genéticas (teratogênicas). Exemplo: diclorobuteno.” (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Portanto, os gases e vapores apresentam diferentes classificações quanto aos aspectos químicos e fisiológicos, no entanto, por possuírem comportamento no ar similar, na higiene ocupacional, os mesmos são estudados em conjunto, sendo usadas metodologia de amostragem e análise laboratorial frequentemente similares.

CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DOS GASES E VAPORES

É apresentada neste capítulo a metodologia de avaliação dos gases e vapores, abordando definições importantes que auxiliaram no entendimento desta avaliação. São descritos o sistema de amostragem, os aparelhos e metodologias utilizadas, bem como os limites de tolerância fixados na NR15 para avaliação dos gases e vapores.

4.1 Unidades de Medidas dos Gases e Vapores

Unidades de medida são definidas como grandezas que relacionam alguma quantidade com um padrão estabelecido (FOGAÇA, 2019).

As unidades de medidas são importantes quando se trata da avaliação dos agentes químicos, pois são elas que quantificam as substâncias no ambiente contaminado (MANUAL DO SESI, 2007).

As unidades de medidas mais importantes nas avaliações do meio de trabalho são:

a) ppm (partes por milhão) – habitualmente usada para representar a concentração de gases e vapores. Tem como função indicar quantas partes de soluto (em massa ou em volume), estão contidos em um milhão de partes da solução, expressa em massa ou volume (MANUAL DA QUÍMICA), ou seja, se um agente químico possuir concentração de um ppm, significa dizer que uma parte, em volume, está junto a um milhão de partes, em volume, de ar contaminado (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

b) mg/m^3 (miligrama por metro cúbico) – Comúnmente destinada para representar a quantidade de aerodispersóides. A concentração de 1 mg/m^3 de um agente químico, representa uma miligrama deste produto em um metro cúbico de ar (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

c) % em volume – apesar de não se tratar de uma unidade, é usada para representar a quanto de gás ou vapor na forma de volume que está presente no ar contaminado (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

A conversão entre as unidades de concentração é mostrada na Tabela 2, onde, M_m é a massa molecular do agente químico (expressa em g.mol^{-1}). O valor de 24,45 é o volume molar de uma substância a uma temperatura ambiente de 25°C (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

TABELA 2- Conversão de Unidades de Concentração

Conversão	Fator multiplicador
ppm para mg/m ³	24,45/Mm
mg/m ³ para ppm	Mm/24,45
ppm para %, em volume	10000
%, em volume, para ppm	0,0001

Fonte: Higiene Ocupacional I (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

4.2 DEFINIÇÕES IMPORTANTES

Serão apresentadas neste item as principais definições presentes na NR 15 contida no guia trabalhista, para limite de tolerância de gases e vapores.

4.2.1 Limite de Tolerância

Limite de tolerância (LT), também denominado como limite de exposição ocupacional (LEO), é de suma importância para gestão de segurança do trabalho, insalubridade e etc. Na norma NR 15, o limite de tolerância demarca o território entre o não dano (aquilo que não faz mal) e o dano (aquilo que faz); já a tolerância de baseia no que se pode suportar. Logo, limite de tolerância, no caso da NR 15, refere-se à concentração ou intensidade da substância, onde se acredita, que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, sem que sua saúde seja prejudicada (SST, 2018).

“Entende-se por “Limite de Tolerância” 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 a sua vida laboral.” (BRASIL, 1978).

Infelizmente o limite de tolerância não é totalmente eficaz, já que existe a susceptibilidade individual. É recomendável, assim, que as concentrações ou as intensidades de qualquer agente, sejam mantidas o mais baixo possível.

4.2.1.1 Limite de Tolerância Média Ponderada

Trata-se da concentração média ponderada pelo tempo, para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias e 40 horas semanais, que os trabalhadores podem ser exposta, diariamente, sem sofrer danos adversos à saúde (ACGIH, 2003) .

Pode ser calculado pela fórmula apresentada pela equação 1:

$$T = \frac{(C_1 \times t_1) + (C_2 \times t_2) + \dots + (C_n \times t_n)}{(\text{tempo total})} \quad (1)$$

Sendo:

$C_1, C_2, \dots, C_n$ = concentração em cada exposição (ppm ou mg/m³)

$t_1, t_2, \dots, t_n$ = tempo de duração da exposição ao dado nível (min ou hora) tempo total
= tempo de duração da jornada (min ou hora), ou seja, $t_1 + t_2 + \dots + t_n$

Esses valores de LT , não deverão ultrapassar o valor máximo, citado no item 4.3.

4.2.2 Nível de Ação (NA)

Segundo a NR 9 (1978), o nível de ação é definido como:

“O valor acima do qual devem ser iniciadas as ações preventivas, de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição” (BRASIL, 1978).

O nível de ação é o referencial para a tomada de decisões dos profissionais prevencionistas, uma vez que procura evitar, com uma margem segura, a exposição dos trabalhadores aos agentes ambientais, ou seja, as medidas de segurança devem manter as concentrações e intensidades dos agentes químicos em níveis inferiores ao nível de ação. Segundo a NR 9, nível de ação, como definido acima, se refere às medidas preventivas que os

profissionais da área deverão tomar quando a concentração chegar a 50% dos valores de limite de exposição, no caso dos agentes químicos, o que garantiria, no mínimo, a manutenção das condições, para que não ultrapasse o limite de exposição (OUTEIRO E SILVA, 2019).

4.2.3 Valor Teto (VT)

O valor teto é o valor da concentração máxima permitida para o agente químico que não pode ser ultrapassado por oferecer risco iminente à saúde do trabalhador.

4.2.4 Nexo causal

O nexo de causalidade é o vínculo entre o efeito e causa, ou seja, é a comprovação de que houve dano efetivo, motivado por ação, voluntária, negligência ou imprudência, daquele que causou o dano. Através do nexo causal se comprova a relação entre a doença e o trabalho (NORMAS LEGAIS, 2019).

4.3 NR 15, Portaria 3214/78

Através da legislação brasileira, Portaria 3214/78 na NR 15 anexo 11, do Ministério do Trabalho, estabelece critérios de avaliação em relação aos gases e vapores para garantir a saúde e bem estar do trabalhador.

"A avaliação das concentrações dos agentes químicos através de métodos de amostragem instantânea, de leitura direta ou não, deverá ser feita pelo menos em 10 (dez) amostragens, para cada ponto ao nível respiratório do trabalhador. Entre cada uma das amostragens deverá haver um intervalo de, no mínimo, 20 (vinte) minutos." (BRASIL, 1978).

Outro critério presente na legislação brasileira relata que cada uma das concentrações obtidas nas referidas amostragens não deverá ultrapassar os valores obtidos através da Equação (2), por considerada situação de risco grave e iminente (BRASIL, 1978).

$$\text{Valor máximo} = \text{LT} \times \text{FD} \quad (2)$$

Sendo: LT = limite de tolerância para o agente químico (NR 15) e FD = fator de desvio, definido no QUADRO 3.

O Quadro 3 apresenta os valores de limite de tolerância para o agente químico e o fator de desvio para o cálculo do valor máximo, apresentado na equação 2.

QUADRO 3 - Limite de Tolerância e Fator de Desvio

L.T.			F.D.
(pp, ou	mg/m ³)		
0	a	1	3
1	a	10	2
10	a	100	1,5
100	a	1000	1,25
acima	de	1000	1,1

Fonte: BRASIL (1978).

O Anexo A, traz os limites de tolerância apresentados da NR 15, em seu Anexo 11.

Quando a média aritmética das concentrações ultrapassarem os valores fixados pela NR 15, Anexo 11, o valor de tolerância será considerado excedido, indicando riscos a saúde do trabalhador. No caso dos agentes químicos que possuem valor teto, será considerado excedido o limite de tolerância, quando qualquer uma das concentrações das substâncias analisadas, obtidas nas amostragens, ultrapassarem os valores fixados neste quadro (BRASIL, 1978).

Todos os limites de tolerância contidos no anexo 11 da NR-15, são válidos para absorção apenas por via respiratória. Todos os agentes químicos denominados de "Asfixiantes Simples" indicam que, quando presentes nos ambientes de trabalho, a concentração mínima de oxigênio deverá ser 18 (dezoito) por cento em volume, sendo que para uma concentração abaixo deste valor, indica uma situação de risco grave e iminente.

No Anexo 11 da NR 15, apresentado no Anexo A, na coluna "Absorção também pela pele", traz os agentes químicos que podem ser absorvidos, por via cutânea, sendo assim torna-se necessário, quando essas substâncias forem manipuladas, o uso de luvas adequadas, além de outros EPIs necessários à proteção de outras partes do corpo (BRASIL, 1978).

O Quadro nº1, contido no Anexo A, apresenta o limite de tolerância para jornadas de trabalho de até 48 horas por semana. Quando este limite é excedido, é iniciado o nível de ação, sendo assim, tomadas uma série de ações preventivas para que os limites de exposição não sejam excedidos. É necessário que ocorra o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico (BRASIL,1978).

4.4 SISTEMA DE AMOSTRAGEM

Os equipamentos utilizados na avaliação e detecção de gases e vapores, podem ser fixos ou portáteis, sendo os fixos aqueles instalados no interior do ambiente de trabalho e, os portáteis, aqueles utilizados nas avaliações ocupacionais da exposição dos trabalhadores. A amostragem se dá por meio da coleta de ar total, ou pela retenção dos contaminantes gasosos em meio sólido (adsorção) ou em meio líquido (absorção), sendo possível fazer a separação desses contaminantes gasosos também por condensação (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

As amostras podem ser obtidas de forma instantânea ou de forma contínua. Ambas possuem suas vantagens e desvantagens para a avaliação dos gases e vapores. A amostragem instantânea ou de curta duração ocorre em um curto espaço de tempo e os resultados correspondem à concentração existente nesse intervalo, sendo uma forma de amostragem importante quando se avalia a concentração de substâncias que tenham valor teto ou valor máximo associado ao Limite de Tolerância tipo média ponderada. A amostragem instantânea pode registrar as concentrações mais altas e mais baixas durante o tempo de trabalho, sendo possível, assim, antecipar os momentos de máximos e mínimos de exposição (MANUAL DO SESI, 2007).

A amostragem contínua pode ser realizada em período de tempo variável, sendo feita em frações de hora até uma jornada de trabalho. Ela obtém como resultado a média ponderada das condições existentes no período de avaliação no ambiente, porém, diferente das amostras de curta duração, não consegue registrar as variações da concentração durante o período, não sendo assim é possível saber se o valor máximo ou valor teto foi ultrapassado (MANUAL DO SESI, 2007).

Pela vasta diversidade de agentes químicos, serão apresentados somente os princípios básicos dos métodos de avaliação mais utilizados, isso porque cada substância ou grupo possui uma metodologia padronizada, ou seja, cada grupo ou substância possui dispõe de metodologias

de amostragem de campo (vazão, tempo de coleta, tipo de meio de retenção) e análise laboratorial (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Uma boa amostragem depende de uma boa execução e boa análise, isso vai desde o processo correto de coleta (estratégia de amostragem), do profissional que irá executar o processo, que deve realizar a amostragem seguindo rigorosamente o método de amostragem escolhido, pois será a partir deste que o processo de análise do contaminante, a ser empregado pelo laboratório, será realizado (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

4.5 INSTRUMENTOS UTILIZADOS E METODOLOGIA

Serão apresentados os instrumentos de leitura direta e indireta que auxiliam na segurança do trabalhador.

4.5.1 Aparelhos de leitura direta

Os instrumentos de leitura direta podem ser designados para um ou poucos contaminantes químicos. Apontam, instantaneamente, no local de uso a concentração do contaminante. Cada produto possui determinado princípio de detecção para a sua avaliação, sendo os principais princípios operacionais de detecção para leitura direta são: fusão, quimiluminescência, combustão, eletroquímica, espectrofotometria de infravermelho e fotoionização (PEIXOTO e FERREIRA, 2013).

São considerados equipamentos de leitura direta: Tubos detectores colorimétricos, impactadores, alguns aparelhos eletrônicos com essa finalidade.

4.5.1.1 Tubos detectores colorimétricos

Os aparelhos mais utilizados e conhecidos são os indicadores colorimétricos, ou tubos detectores colorimétricos. Estes funcionam por meio de métodos químicos e fornecem a concentração presente no local de trabalho pela alteração da cor, ocorrida devido a uma reação química, ou seja, caso a substância contaminante esteja presente, ao se passar uma quantidade

conhecida de ar por meio de um reagente, está sofrerá alteração de cor (PEIXOTO e FERREIRA, 2013).

Funcionam como instrumento da segurança ocupacional para verificação de atmosfera de risco de gases ou vapores indesejáveis no meio de trabalho. Tem como função fazer a verificação de gases contaminantes em linhas de processo (ASELCO, 2019).

Instrumentos de leitura direta obtêm a concentração do contaminante através da comparação da cor obtida com cores-padrão e pela comparação da intensidade e extensão da alteração de cor resultante, com escalas padronizadas, que são gravadas no próprio tubo ou então são impressas na carta informativa que o acompanha (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Tubo colorimétrico é um pequeno tubo de vidro vedado, sendo seu interior composto por materiais sólidos granulados (carvão ativado, sílica gel, alumina), que são banhados com uma substância química específica. Esta substância irá reagir, alterando assim a coloração do material sólido granulado. Vale ressaltar, que para cada produto ou família de produtos existe um tubo específico (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Para que ocorra o contato do contaminante com o reagente faz-se necessário que um volume padronizado de ar passe pelo interior do tubo, necessária a leitura do guia de instruções de uso dos tubos reagentes para conhecer o volume a ser aspirado. A sucção desse ar acontece através do uso de uma bomba de fole ou de pistão. Quando utilizada uma bomba aspiradora de um determinado fabricante, os tubos indicadores devem pertencer ao mesmo, para que erros na avaliação das concentrações não ocorram. Este tipo de instrumento trás consigo a vantagem da facilidade de operação, o baixo custo e a possibilidade do registro das flutuações nas concentrações que ocorrem durante a jornada de trabalho, porém uma baixa precisão com erros de até 30 % (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

“Durante o processo é necessário avaliar se o tubo foi bem inserido, verificar o número de bombeadas, conforme estabelecido pelo fabricante, pois isto será o que vai definir o volume de ar a ser passado pelo tubo, verificar também se o tubo está dentro da data de validade e se estava armazenado na temperatura adequada. Um detalhe importante é fazer a leitura de imediato, pois com o tempo, há mudança na coloração do reagente.” (SDT, 2019).

A leitura do guia de instruções de uso dos tubos reagentes ajuda no conhecimentos das colorações finais a serem observadas após a reação e saber as possíveis interferências de outras substâncias, da temperatura e da umidade. As amostragens por tubo colorimétrico não são eficazes para avaliar a exposição do trabalhador, mas para avaliar a concentração de substâncias

que tenham “valor teto” ou para determinar o “valor máximo” (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

Segundo a NR 15: “A avaliação das concentrações através de métodos de amostragem instantânea, de leitura direta ou não, deverá ser feita pelo menos em 10 (dez) amostragens, para cada ponto ao nível respiratório do trabalhador. Entre cada uma delas, deverá haver um intervalo de, no mínimo, 20 minutos”. O limite de tolerância é considerado excedido quando, uma vez feita a média aritmética das concentrações, está ultrapassa os valores fixados no Anexo A desta monografia.

O método dos tubos colorimétricos apresenta como vantagens: (a) detecção fácil de gases; (b) rápida utilização; (c) concentração indicada no tubo conforme sua alteração de cor; (d) método econômico; (e) não necessita de calibração e manutenção periódica; (f) medida de grande variedade de gases (NAKAYAMA, 2019).

A Figura 7 mostra um tubo colorimétrico.

FIGURA 7- Tubo Colorimétrico



Fonte: SDT (2019).

4.5.1.2 Aparelhos eletrônicos

A instrumentação de avaliação do ambiente contaminado conta com aparelhos eletrônicos, dentre eles podemos citar : os oxímetros, os explosímetros, os medidores de CO, H₂S, NH₃, dentre outros. Os aparelhos denominados multigases podem realizar a leitura simultânea de até 4 (quatro) gases. Quase sempre esses aparelhos eletrônicos registram a

concentração em função do tempo, o que ajuda na verificação, além dos valores instantâneos, da avaliação da média ponderada no tempo. Os monitores de leitura direta ajudam na identificação de ambientes com falta de oxigênio ou oxigênio enriquecido, assim como, na identificação de ambientes Imediatamente Perigosos à Vida ou à Saúde (IPVS), podendo detectar níveis elevados de contaminantes no ar ou atmosferas inflamáveis e/ou explosivas (PEIXOTO E FERREIRA, 2013).

4.5.1.3 Outras formas de leitura direta

Existem também os amostragem com retenção em filtros de PVC, éster de celulose ou fibra de vidro, onde um volume de ar conhecido passa por filtros específicos de acordo com o contaminante, como por exemplo, PVC, éster celulose ou fibra de vidro, utilizando uma bomba gravimétrica devidamente calibrada. Logo o filtro contendo o contaminante será devidamente analisado em laboratório, segundo a metodologia (MANUAL SESI, 2007).

É necessário ter em mente algumas questões antes de tomar uma decisão em relação ao contaminante, como por exemplo, qual o limite de tolerância da substância, se essa possui metodologia para amostragem de campo, se possui metodologia de análise e se essa metodologia já foi implantada. Caso, essa metodologia já tenha sido implantada, existirá um valor (custo) de análise, e se não tiver sido, o custo será bem mais alto, pois a metodologia teria que ser desenvolvida (MANUAL SESI, 2007).

4.5.2 Aparelhos de leitura indireta

Nos amostradores com análise em laboratório, portanto chamados de indiretos, a concentração do agente no meio de trabalho será analisada por meio de um laboratório especializado.

Dentre os sistemas usados para este tipo de leitura estão o tubo de carvão ativo ou sílica gel e o impinger.

4.5.2.1 *Tubo de carvão ativo ou sílica gel*

O tubo de carvão ativo ou sílica gel é colocado no ambiente de trabalho. No interior do seu tubo de vidro há carvão ativado ou sílica gel. Uma bomba ligada por uma mangueira ao tubo força o ar a passar pelo seu interior, ficando o contaminante retido na superfície porosa do carvão, pelo processo denominado de adsorção (MANUAL SESI, 2007).

Tubos que contém carvão ativo costumam ser indicados para a amostragem de vapores orgânicos em geral e os tubos de sílica gel para gases ácidos em geral. Um exemplo de tubo de carvão ativo é mostrado na Figura 8 (MANUAL SESI, 2007).

FIGURA 8- Tubo de Carvão Ativo



Fonte: CTISM (2013) *apud* PEIXOTO E FERREIRA (2013).

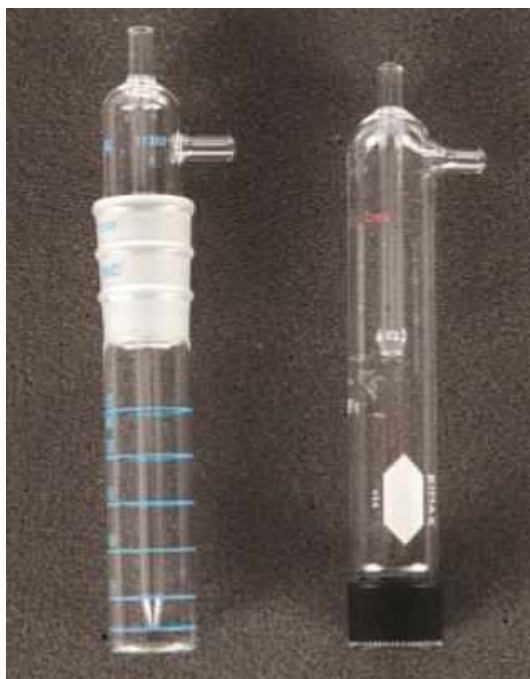
4.5.2.2 *Impinger*

Uma solução adequada para a retenção do contaminante, ou seja, a solução absorvente, será colocada no equipamento chamado de Impinger. Trata-se de um frasco de vidro conectado a uma bomba de aspiração através de uma mangueira flexível. Um determinado volume de ar será passado na solução, pela força da bomba, que irá reter ou reagir com o contaminante, absorvendo-o. O impinger é bastante usado para gases em que a retenção é difícil em outros meios de coleta (MANUAL DO SESI, 2007).

O impinger é utilizado principalmente para coleta de gases de difícil retenção em outros meios de adsorção. Os agentes químicos possuem limites de tolerância de exposição ocupacional na ACGIH e a amostragem/quantificação desses agentes é realizada por meio de impinger (UNIANALYSIS, 2019).

As análises da concentração dos contaminantes são realizadas em laboratórios especializados. A Figura 9 apresenta um Impinger.

FIGURA 9 - Impinger



Fonte: CTISM (2013) apud PEIXOTO E FERREIRA, (2013).

4.5.2.3 Coleta de Ar Total

Quando a amostragem de gases é difícil em outros meios de coleta, a mesma é feita por meio de bolsas ou “bags”, onde uma quantidade determinada de ar contendo o contaminante é coletada, sendo normalmente utilizada uma bomba de amostragem motorizada ou bombas manuais com volume/vazão conhecidas. De acordo com a massa de contaminante encontrada na análise da mistura e do volume de ar retirado da bolsa chega-se a um resultado em relação à concentração do contaminante, sendo sua análise obtida em um laboratório especializado (MANUAL SESI, 2007).

4.6 Medidas de Controle

Circunstâncias onde há a exposição do trabalhador devem ser controladas, de acordo com as seguintes descrições:

a) Quando a concentração de um agente químico atingir a metade do limite de tolerância presente no Anexo 11 da NR 15, deverão ser adotadas as medidas necessárias e suficientes para a eliminação, a minimização ou o controle dos riscos ambientais sempre que forem verificadas uma ou mais das seguintes situações:

- i) identificação, na fase de antecipação, de risco potencial à saúde;
- ii) constatação, na fase de reconhecimento, de risco evidente à saúde;
- iii) quando os resultados das avaliações quantitativas excederem os valores dos limites fornecidos pela NR 15 ou os valores de limites de exposição ocupacional adotados pela ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ou ainda por meio de negociação coletiva de trabalho;
- iv) quando, através de informação médica forem observados danos na saúde dos trabalhadores;

O estudo, desenvolvimento e implantação de medidas de proteção coletiva deverá corresponder a hierarquia citada a seguir:

- 1) providências que eliminam ou reduzam a utilização ou a formação de agentes maléficos a saúde;
- 2) providências que impeçam a liberação ou disseminação dessas fontes no ambiente de trabalho;

Quando necessário, serão implantadas medidas de caráter coletivo, por meio de treinamentos, assegurando a proteção do trabalhador. Porém, quando não for possível a adoção de medidas de proteção coletiva, por não serem suficientes ou encontrarem-se em fase de estudo, será necessário adotar medidas de caráter administrativo ou de organização do trabalho seguido pela utilização de Equipamento de Proteção Individual - EPI. (BRASIL, 1978)

A utilização de EPI deverá ser adequada tecnicamente ao risco em que se está exposto ou de acordo com a função exercida pelo trabalhador. Os trabalhadores também deverão receber treinamento destinado ao uso do EPI, para a sua correta utilização. Deverão ser estabelecidas normas ou procedimentos para promover o fornecimento, o uso, a guarda, a higienização, a conservação, a manutenção e a reposição do EPI, visando garantir as condições de proteção originalmente estabelecidas (BRASIL, 1978).

4.7 Gases e Vapores no ambiente de trabalho

Segundo observatório digital de saúde e segurança do trabalhador (2018), nos últimos cinco anos houve diminuição dos casos de acidentes e mortes de trabalhadores causados por agentes químicos (como gases, vapores e poeiras) no Brasil. Entre 2012 e 2017, a quantidade de acidentes caiu de 77.312 para 57.490 (redução de 25,6%). No mesmo período, as mortes registraram queda de 138 para 90 (-34,8%) (FISP, 2018).

Apesar dos números benéficos, a situação ainda é preocupante, visto que de 2012 até setembro de 2018 o país registrou 475.391 acidentes de trabalho por agentes químicos, o que significaria um trabalhador afetado a cada 7 minutos e 27 segundos. Por esse motivo, empresas do ramo de segurança buscam cada vez mais ampliar sua tecnologia visando a saúde do trabalhador.

Toda a tecnologia e medidas de segurança sobre os agentes químicos no meio de trabalho, evitam diversos acidentes e até mesmo morte dos funcionários. Um desastre, como o de Bophal, onde gases tóxicos vazaram de uma fábrica e atingiram a população local, na Índia, poderia ter sido evitado se a segurança do trabalhador e do meio tivessem sido colocadas em primeiro lugar (FOGAÇA, 2019).

A tragédia em Bophal ocorreu na madrugada de 02 para 03 de dezembro de 1984, onde, por faltas de medidas de segurança, uma reação indesejada ocorreu na fábrica, ocasionando a formação de uma nuvem de gases tóxicos que demorou dias para se dissipar. Este acidente trouxe um grande número de mortos e sequelas em menor ou maior grau, sendo que até os dias de hoje muitas pessoas continuam sofrendo com os efeitos deste desastre (FOGAÇA, 2019).

O acidente poderia ter sido evitado se medidas de segurança não tivessem sido ignoradas, como por exemplo: (i) a sirene de segurança, que deveria alertar a comunidade em casos de acidente, estava desligada; (ii) os instrumentos de medição de pressão estavam com leituras falhas por causa da falta de manutenção; (iii) o purificador usado para neutralizar os gases antes de lançá-los para a atmosfera estava desligado para manutenção; (iv) a unidade de refrigeração que poderia controlar a reação dentro dos tanques que continham o isocianato de metila estava desligada desde maio daquele ano; (v) um procedimento para isolar as seções de canos antes de eles serem limpos não foi realizado. Esse procedimento consistia em colocar um

disco de metal (anteparo) na junção dos canos para evitar que a água passasse e entrasse em contato com o isocianato de metila. Diante do exposto neste capítulo, conclui-se que os gases e vapores são altamente perigosos se não caracterizados e quantificados de uma forma segura na ambiência de trabalho, tendo como referência os requisitos legais aplicáveis no Brasil e em legislação internacional. Existem tecnologias para sua caracterização e quantificação.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO

A higiene industrial é uma ciência que objetiva a antecipação, o reconhecimento, a avaliação e o controle dos agentes ambientais, originados nos locais de trabalho, uma vez que podem provocar doenças, prejuízos à saúde ou ao bem-estar, desconforto significativo e ineficiência laboral.

Os agentes ambientais podem ser físicos, químicos e biológicos, e, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

Entende-se por agentes químicos os aerodispersóides e os gases e vapores. Os aerodispersóides são classificados como poeiras, fumos névoas, neblinas e de fibras, e mantêm-se em suspensão no ar, contaminando o ambiente de trabalho. Quanto aos gases e vapores, formam com o ar misturas consideradas como soluções na atmosfera e tendem a ocupar todo o espaço de um recipiente ou recinto.

Os agentes químicos podem penetrar no organismo pela via respiratória, ou, pela natureza da atividade de exposição, podem ter contato ou serem absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão. A legislação se compromete somente com agentes químicos que possam penetrar o organismo por via respiratória, abstendo-se, como será mostrado nos próximos tópicos, em relação a outras formas de contaminação.

A NR 15, presente na Portaria nº 3214 do Ministério do Trabalho, ocupa-se das atividades ou operações insalubres, definindo de maneira específica todos os agentes que podem ocasionar insalubridade no meio de trabalho. Descreve também, as ações jurídicas que devem ser tomadas quanto aos direitos do trabalhador, além de auxiliar e estabelecer medidas de segurança necessárias para promover a saúde e segurança do mesmo.

O potencial tóxico dos agentes químicos leva em conta diferentes fatores: (i) sua concentração, (ii) a frequência respiratória e capacidade pulmonar, (iii) a sensibilidade individual, (iv) a toxicidade e o (v) tempo de exposição.

Após entrar em contato com o organismo, os agentes químicos podem promover efeitos tóxicos, incluindo efeitos imediatos (agudos) ou os efeitos a longo prazo (crônicos). As partes do corpo principalmente afetadas são os pulmões, a pele, o sistema nervoso (cérebro e nervos), a medula óssea, o fígado e os rins. Portanto, os agentes químicos podem causar doenças, sendo necessário sempre verificar o limite de tolerância aos mesmos, devendo, como medidas últimas, serem eliminados do ambiente de trabalho, a fim de manter a salubridade deste ambiente.

Especificamente, os gases e vapores apresentam diferentes classificações quanto aos aspectos químicos e fisiológicos, no entanto, por possuírem comportamento no ar similar, na higiene ocupacional, os mesmos são estudados em conjunto, usando metodologia de amostragem e análise laboratorial freqüentemente similares.

Os gases e vapores são altamente perigosos e devem ser caracterizados e quantificados de uma forma técnica e segura na ambiência de trabalho, usando como referência os requisitos legais aplicáveis no Brasil e em legislação internacional, existindo tecnologias eficientes para sua caracterização e quantificação.

REFERÊNCIAS

ACGIH – **American Conference of Governmental Industrial Hygienists**. ABHO, TLVs and BEIs. Threshold Limit Values, 2014.

ADVANCECARE. Agentes químicos- saiba o que são e como prevenir os riscos de exposição. **Disponível em:** <https://advancecare.pt/artigos/saude-e-seguranca-no-trabalho/exposicao-a-agentes-quimicos/>. Acesso em: 12/04/2019.

Área SST, **Saúde e Segurança do Trabalho**, 2015. Disponível em : <https://areasst.com/riscos-quimicos/>. Acesso em: 12/04/2019

ASELCO. **Tubos Colorimétricos para Detecção e Análises de Gases**. Disponível em <http://www.aselco.com.br/produto/tubos-colorimetricos-para-deteccao-e-analises-de-gases/>. Acesso em: 11/05/2019

ATLAS SAÚDE. **Doenças Profissionais Associadas a Agentes Químicos**. Disponível em: <https://www.atlasdasaude.pt/publico/content/doencas-profissionais-5>. Acesso em: 20/05/2019

BRASIL ESCOLA. **Pulmão**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/biologia/pulmao.htm>. Acesso em: 20/06/2019

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-09 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR09-2016.pdf>. Acesso em: 07/04/2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-15 – Atividades e Operações Insalubres. Anexo Nº 13 – Agentes Químicos**. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO13.pdf>. Acesso em: 08/04/2019.

BREVIOLIERO, E; POSSEBON, J; SPINELLI, R. **Higiene Ocupacional: Agentes biológicos, químicos e físicos**. 5ª Edição. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010

CAMISASSA, Mara. **Aerodispersóides**. Disponível em : <https://pt.slideshare.net/Felipe.Abreu/aerodispersides-fibroglicos-e-no-fibroglicos>. Acesso em: 10/04/2019.

DIAS, Elizabeth. **Doenças relacionadas ao trabalho: manual de procedimentos para os serviços de saúde**. Ministério da Saúde do Brasil, Organização Pan-Americana da Saúde no Brasil. Brasília, 2001.

Disponível em : <https://www.manualdaquimica.com/fisico-quimica/partes-por-milhao-ppm.htm>. Acesso em : 28/04/2019

FISP. **Brasil registra redução de acidentes de trabalho por agentes químicos**. 28 de setembro de 2018. Disponível em <http://www.fispvirtual.com.br/16/2018/09/28/brasil-registra-reducao-de-acidentes-de-trabalho-por-agentes-quimicos/>. Acesso em: 22 /05/2019

FLORES, Cibele. **Classificação de Agentes Químicos**. Disponível em : https://www.saudeesegurançanotrabalho.org/classificacao_agentes_quimicos/. Acesso em : 12/04/2019

FOGAÇA, Jennifer. Manual da Química. **Partes por Milhão (ppm)**.

FOGAÇA, Jennifer. **Mundo Educação. Diferença entre Gás e Vapor**. Disponível em : <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/diferenca-entre-gas-vapor.htm>. Acesso em: 10/04/2019.

MANUAL MSD. **Lesão por Inalação de Gás Irritante**. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt-br/profissional/dist%C3%BArbios-pulmonares/doen%C3%A7as-pulmonares-ambientais/les%C3%A3o-por-inala%C3%A7%C3%A3o-de-g%C3%A1s-irritante>. Acesso em : 22/04/2019

MELDAU, Débora. **Brônquios**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/sistema-respiratorio/bronquios/>. Acesso em: 20/05/2019.

NAKAYAMA. **Tubos Colorimétricos**. Disponível em http://nakayama.com.br/produtos/tubos_colorimetricos.php. Acesso em: 17 /05/2019

NETO, Armando.; MACIEL, Antonio.; FONSECA, Carlos.; **Técnicas de avaliação de agentes ambientais : manual Sesi**. Brasília : Sesi/DN, 2007.

NORMAS LEGAIS. **Nexo Causal**. Disponível em : <http://www.normaslegais.com.br/juridico/nexo-causal.htm>. Acesso em: 24/05/2019

OUTEIRO, Cristina; SILVA, Maria. **ANALISANDO OS LIMITES DE TOLERÂNCIA BRASILEIROS**. Disponível em <http://www.inovarse.org/filebrowser/download/9051>. Acesso em: 15/05/2019

PEIXOTO, Neverton.; FERREIRA, Leandro.; Higiene Ocupacional III. Santa Maria, RS: Rede e-Tec Brasil, 2013.

PEIXOTO, Neverton.; FERREIRA, Leandro. **Higiene Ocupacional I**. Santa Maria, RS: Rede e-Tec Brasil, 2012.

PORTAL EDUCAÇÃO. **O que são Nariz e Fossas Nasais?**. Disponível em :
<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/o-que-sao-nariz-e-fossas-nasais/66051>. Acesso em : 16/04/2019.

PORTAL EDUCAÇÃO. **Toxicologia**. Disponível em :
<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/enfermagem/toxicologia/10931>. Acesso em : 22/04/2019

PREVENTOR. **Doenças respiratórias causadas pelo ambiente de trabalho**, 2013.
Disponível em : <https://preventor.com.br/noticia/26/2013-10-21/preventor-informa-edicao-11>.
Acesso em: 19/04/2019

RIBEIRO, Marcela.; FILHO, Walter.; RIEDERER, Elena. **Avaliação qualitativa de riscos químicos : orientações básicas para o controle da exposição a produtos químicos em fundições**. Fundacentro, São Paulo, 2011.

ROCHA VARGAS FOGAÇA, Jennifer. **Tragédia de Bhopal**. Disponível em
<https://alunosonline.uol.com.br/quimica/tragedia-bhopal.html>. Acesso em: 22 /05/2019

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Poeira e outros Particulados**. 8º Edição. São Paulo: LTR, 2016

SDT - SEGURANÇA DO TRABALHO, **Valor Máximo e Valor Teto da NR 15 – Entenda o que são**. Disponível em :<https://segurancadotrabalhonwn.com/o-que-e-limite-de-tolerancia-lt-nr-15/>. Acesso em: 19/05/2019

SEGURANÇA DO TRABALHO, SST. **O que é limite de tolerância – LT NR 15**.
Disponível em: <https://segurancadotrabalhonwn.com/maximo-e-valor-teto-da-nr-15-entenda-o-que-sao/>. Acesso em: 19/05/2019

SOBRAL, Mário. **Tubos colorimétricos: Entendendo o funcionamento**. Disponível em
<https://segurancadotrabalhonwn.com/tubos-colorimetricos-entendendo-o-funcionamento/>.
Acesso em: 17/05/2019

SOTO, José Manoel Osvaldo Gana; et al. **Riscos químicos**. 2. Ed. São Paulo: Fundacentro, 1985.

SOUZA, M.B; Garcia, G. F; Maciel R. Siderose Pulmonar. Jornal Pneumol. BH. 1998.

TODA MATÉRIA. **Alveolos Pulmonares**. Disponível em:
<https://www.todamateria.com.br/alveolos-pulmonares/>. Acesso em: 20/05/2019.

TODA MATÉRIA. **Faringe**, 2019. Disponível em:
<https://www.todamateria.com.br/faringe/>. Acesso em: 20/05/2019.

UNIANALYSIS. Disponível em <http://www.unianalysis.com.br/site/noticias.php>. Acesso em: 04/05/2019

VARELLA, Drauzio. Bronquíolos. Disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/corpo-humano/bronquiolos/>. Acesso em: 20/05/2019.

VARELLA, Drauzio. **Diafragma**. Disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/corpo-humano/diafragma/>. Acesso em: 20/05/2019.

VARELLA, Drauzio. **Traqueia**. Disponível em: <https://drauziovarella.uol.com.br/corpo-humano/traqueia/>. Acesso em: 20/05/2019.

ANEXO A

Quadro 1 - Limites de Tolerância para Gases e Vapores.

AGENTES QUIMICOS	Valor teto*	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m3**	
Acetaldeído			78	140	máximo
Acetato de cellosolve		+	78	420	médio
Acetato de éter monoetilico de etileno glicol (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetato de etila			310	1090	mínimo
Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetileno			Axfixiante	simples	-
Acetona			780	1870	mínimo
Acetonitrila			30	55	máximo
Ácido acético			8	20	médio
Ácido cianídrico		+	8	9	máximo
Ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo
Ácido crômico (névoa)			-	0,04	máximo
Ácido etanóico (vide ácido acético)			-	-	-

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

AGENTES QUIMICOS	Valor teto*	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m3**	
Ácido fluorídrico			2,5	1,5	máximo
Ácido fórmico			4	7	médio
Ácido metanóico (vide ácido fórmico)			-	-	-
Acrilato de metila		+	8	27	máximo
Acrilonitrila		+	16	35	máximo
Alcool isoamílico			78	280	mínimo
Alcool n-butílico	+	+	40	115	máximo
Alcool isobutílico			40	115	médio
Alcool sec-butílico (2-butanol)			115	350	médio
Alcool terc-butílico			78	235	médio
Alcool etílico			780	1480	mínimo
Alcool furfurílico		+	4	15,5	médio
Alcool metil amílico (vide metil isobutil carbinol)			-	-	-
Alcool metílico		+	156	200	máximo
Alcool n-propílico		+	156	390	médio
Alcool isopropílico		+	310	765	médio
Aldeído acético (vide acetaldeído)			-	-	-
Aldeído fórmico (vide formaldeído)			-	-	-

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

Continuação do Quadro 1 - Limites de Tolerância para Gases e Vapores.

AGENTES QUÍMICOS	Valor Teto	Absorção também p/ pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m ³ **	
Amônia			20	14	médio
Anidrido sulfuroso (vide dióxido de enxofre)			-	-	-
Anilina		+	4	15	máximo
Angônio			Asfixante	simples	-
Arsina (arsenamina)			0,04	0,16	máximo
Brometo de etila			156	695	máximo
Brometo de metila		+	12	47	máximo
Bromo			0,08	0,6	máximo
Bromoetano (vide brometo de etila)			-	-	-
Bromofórmio		+	0,4	4	médio
Bromometano (vide brometo de metila)			-	-	-
1,3 Butadieno			780	1720	médio
n-Butano			470	1090	médio
n-Butano (vide álcool n-butílico)			-	-	-
sec-Butanol (vide álcool sec-butílico)			-	-	-

*ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

*** O Benzeno foi retirado desta Tabela conforme Portaria n.º 3, de 10-03-1994 (DOU, 16-03-1994)

AGENTES QUÍMICOS	Valor Teto	Absorção também p/ pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m ³ **	
Butanona (vide metil etil cetona)			-	-	-
1-Butanotiol (vide butil mercaptana)			-	-	-
n-Butilamina	+	+	4	12	máximo
Butil cellosolve		+	39	190	médio
n-Butil mercaptana			0,4	1,2	médio
2-Butóxi etanol (vide butil cellosolve)			-	-	-
Cellosolve (vide 2-etóxi etanol)			-	-	-
Chumbo			-	0,1	máximo
Cianeto de metila (vide acetonitrila)			-	-	-
Cianeto de vinila (vide acrilonitrila)			-	-	-
Cianogênio			8	16	máximo
Ciclohexano			235	820	médio
Ciclohexanol			40	160	máximo
Ciclohexilamina		+	8	32	máximo
Cloreto de carbonila (vide fosgênio)			-	-	-

*ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

Continuação do Quadro 1 - Limites de Tolerância para Gases e Vapores.

AGENTES QUÍMICOS	Valor Teto	Absorção também p/ pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m ³ **	
Cloreto de etila			780	2030	médio
Cloreto de fenila (vide cloro benzeno)			-	-	-
Cloreto de metila			78	165	máximo
Cloreto de metileno			156	560	máximo
Cloreto de vinila	+		156	398	máximo
Cloreto de vinilideno			8	31	máximo
Cloro			0,8	2,3	máximo
Clorobenzeno			59	275	médio
Clorobromometano			156	820	máximo
Cloroetano (vide cloreto de etila)			-	-	-
Cloroetilico (vide cloreto de vinila)			-	-	-
Clorodifluometano (freon 22)			780	2730	mínimo
Clorofórmio			20	94	máximo
1-Cloro 1-nitropropano			16	78	máximo
Cloroprene		+	20	70	máximo
Cumeno		+	39	190	máximo
Decaborano		+	0,04	0,25	máximo
Demeton		+	0,008	0,08	máximo

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

AGENTES QUÍMICOS	Valor Teto	Absorção também p/ pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m ³ **	
Diamina (vide hidrazina)			-	-	-
Diborano			0,08	0,08	máximo
1,2-Dibromoetano		+	16	110	médio
o-Diclorobenzeno			39	235	máximo
Diclorodifluometano (freon 12)	+		780	3860	mínimo
1,1 Dicloroetano			156	640	médio
1,2 Dicloroetano			39	156	máximo
1,1 Dicloroetileno (vide cloreto de vinilideno)			-	-	-
1,2 Dicloroetileno			155	615	médio
Diclorometano (vide cloreto de metileno)			-	-	-
1,1 Dicloro-1-nitroetano	+		8	47	máximo
1,2 Dicloropropano			59	275	máximo
Diclorotetrafluoretano (freon 114)			780	5460	mínimo
Dietaíl amina			20	59	médio
Dietaíl éter (vide éter etílico)			-	-	-
2,4 Diisocianato de tolueno (TDI)	+		0,016	0,11	máximo
Diisopropilamina		+	4	16	máximo

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

Continuação do Quadro 1 - Limites de Tolerância para Gases e Vapores.

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m ³ **	
Dimetilacetamida		+	8	28	máximo
Dimetilamina			8	14	médio
Dimetilformamida			8	24	médio
1,1 Dimetil hidrazina		+	0,4	0,8	máximo
Dióxido de carbono			3900	7020	mínimo
Dióxido de cloro			0,08	0,25	máximo
Dióxido de enxofre			4	10	máximo
Dióxido de nitrogênio	+		4	7	máximo
Dissulfeto de carbono		+	16	47	máximo
Estibina			0,08	0,4	máximo
Estireno			78	328	médio
Etanol (vide acetaldeído)			-	-	-
Etano			Asfixiante	simples	-
Etanol (vide etílico)			-	-	-
Etanotiol (vide etil mercaptana)			-	-	-
Eter decloroetilico		+	4	24	máximo
Eter etílico			310	940	médio
Eter monobutílico do etileno glicol (vide butil cellosolve)			-	-	-
Eter monoetilico do etileno glicol (vide cellosolve)			-	-	-

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m ³ **	
Eter monometílico do etileno glicol (vide metil cellosolve)			-	-	-
Etilamina			8	14	máximo
Etilbenzeno			78	340	médio
Etileno			Asfixiante	simples	-
Etilendimina		+	0,4	0,8	máximo
Etil mercaptana			0,4	0,8	médio
n-Etil morfina		+	16	74	médio
2-Etoxietanol		+	78	290	médio
Fenol		+	4	15	máximo
Fluorotriclorometano (freon 11)			780	4370	médio
Formaldeído (formol)	+		1,6	2,3	máximo
Fosfina (fosfamina)			0,23	0,3	máximo
Fosgênio			0,08	0,3	máximo
Freon 11 (vide fluorotriclorometano)			-	-	-
Freon 12 (vide diclorodifluormetano)			-	-	-
Freon 22 (vide clorodifluormetano)			-	-	-
Freon 113 (vide 1,1,2,2-tetracloro-1,2,2-trifluoretano)			-	-	-

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

**mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

Continuação do Quadro 1 - Limites de Tolerância para Gases e Vapores.

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m*	
Freon 114 (vide declorotetrafluoreto)			-	-	-
Gás amoníaco (vide amônia)			-	-	-
Gás carbônico (vide dióxido de carbono)			-	-	-
Gás cianídrico (vide ácido cianídrico)			-	-	-
Gás clorídrico (vide ácido clorídrico)			-	-	-
Gás sulfídrico			8	12	máximo
Hélio			Asfixiante	simples	-
Hidrazina		+	0,08	0,08	máximo
Hidreto de antimônio (vide estibina)			-	-	-
Hidrogênio			Asfixiante	simples	-
Isobutanol (vide álcool isobutílico)			-	-	-
Isopropilamina			4	9,5	médio
Isopropil benzeno (vide cumeno)			-	-	-
Mercúrio (todas as formas exceto orgânicas)			-	0,04	máximo
Metacrilato de metila			78	320	mínimo
Metano			Asfixiante	simples	-
Metanol (vide álcool metílico)			-	-	-

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m*	
Metilamina			8	9,5	máximo
Metil cellosolve		+	20	60	máximo
Metil ciclohexanol			39	180	médio
Metilclorofórmio			275	1480	médio
Metil demeton		+	-	0,4	máximo
metil etil cetona			155	460	médio
Metil isobutylcarbinol		+	20	78	máximo
Metil mercaptana (metanotiol)			0,04	0,8	médio
2-Metoxi etanol (vide metil cellosolve)			-	-	-
Monometil hidrazina	+	+	0,16	0,27	máximo
Monóxido de carbono			39	43	máximo
Negro de fumo ^{UV}			-	3,5	máximo
Neônio			Asfixiante	simples	-
Níquel carbonila (níquel tetracarbonila)			0,04	0,28	máximo
Nitrato de n-propila			20	85	máximo
Nitrotetano			78	245	médio
Nitrometano			78	195	máximo
1 - Nitropropano			20	70	médio
2 - Nitropropano			20	70	médio
Oxido de etileno			39	70	maximo

*ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado.

**mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

Continuação do Quadro 1 - Limites de Tolerância para Gases e Vapores.

AGENTES QUIMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			Ppm*	mg/m3**	
Oxido nítrico (NO)			20	23	máximo
Oxido nitroso (N ₂ O)			Asfixiante	simples	-
Ozona			0,08	0,16	máximo
Pentaborano			0,004	0,008	máximo
n-Pentano		+	470	1400	mínimo
Percloroetileno			78	525	médio
Piridina			4	12	médio
n-propano			Asfixiante	simples	-
n-Propanol (vide álcool n-propílico)			-	-	-
iso-Propanol (vide álcool isopropílico)			-	-	-
Propanona (vide acetona)			-	-	-
Propileno			Asfixiante	simples	-
Propileno imina		+	1,6	4	máximo
Sulfato de dimetila	+	+	0,08	0,4	máximo
Sulfeto de hidrogênio (vide gás sulfídrico)			-	-	-
Systox (vide demeton)			-	-	-
1,1,2,2,Tetrabromoetano			0,8	11	médio
Tetracloreto de carbono		+	8	50	máximo

AGENTES QUIMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			Ppm*	mg/m3**	
Tetracloreto de carbono		+	4	27	máximo
Tetracloretoetileno (vide percloroetileno)			-	-	-
Tetrahydrofurano			156	460	máximo
Tolueno (toluol)		+	78	290	médio
Tolueno-2,4-diisocianato (TDI) (vide 2,4 diisocianato de tolueno)			-	-	-
Tribromometano (vide bromoformio)			-	-	-
Tricloreto de vinila (vide 1,1,2 tricloroetano)			-	-	-
1,1,1 Tricloroetano (vide metil clorofórmio)			-	-	-
1,1,2 Tricloroetano		+	8	35	médio
Tricloroetileno			78	420	máximo
Triclorometano (vide clorofórmio)			-	-	-
1,2,3 Tricloropropano			40	235	máximo
1,1,2 Tricloro-1,2,2 trifluoreto (freon 113)			780	5930	médio
Trietilamina			20	78	máximo
Trifluoromonobromometano			780	4760	médio
Vinibenzeno (vide estireno)			-	-	-
Xileno (xilol)			78	340	médio

* ppm - partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado;

** mg/m³ - miligramas por metro cúbico de ar.

