



rede
e-Tec
Brasil

Toxicologia

Janis Elisa Ruppenthal



Santa Maria - RS
2013

Presidência da República Federativa do Brasil
Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica

© Colégio Técnico Industrial de Santa Maria
Este caderno foi elaborado pelo Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria para a Rede e-Tec Brasil.

Equipe de Acompanhamento e Validação
Colégio Técnico Industrial de Santa Maria – CTISM

Coordenação Institucional
Paulo Roberto Colusso/CTISM

Professor-autor
Janis Elisa Ruppenthal/UFSM

Coordenação de Design
Erika Goellner/CTISM

Revisão Pedagógica
Elisiane Bortoluzzi Scrimini/CTISM
Jaqueline Müller/CTISM
Laura Pippi Fraga/CTISM

Revisão Textual
Carlos Frederico Ruviaro/CTISM

Revisão Técnica
Paulo Roberto da Costa/CTISM

Ilustração
Marcel Santos Jacques/CTISM
Rafael Cavalli Viapiana/CTISM
Ricardo Antunes Machado/CTISM

Diagramação
Cássio Fernandes Lemos/CTISM
Leandro Felipe Aguilar Freitas/CTISM

Ficha catalográfica elaborada por Maristela Eckhardt – CRB 10/737
Biblioteca Central da UFSM

R946t Ruppenthal, Janis Elisa
**Toxicologia / Janis Elisa Ruppenthal. – Santa Maria :
Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial
de Santa Maria ; Rede e-Tec Brasil, 2013.**
128 p. : il. ; 28 cm
ISBN 978-85-63573-40-7

**1. Toxicologia 2. Toxicologia ocupacional 3. Segurança do
trabalho 4. Prevenção de acidentes**
I. Título.

**CDU 615.9
614.8**

Apresentação e-Tec Brasil

Prezado estudante,
Bem-vindo a Rede e-Tec Brasil!

Você faz parte de uma rede nacional de ensino, que por sua vez constitui uma das ações do Pronatec – Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego. O Pronatec, instituído pela Lei nº 12.513/2011, tem como objetivo principal expandir, interiorizar e democratizar a oferta de cursos de Educação Profissional e Tecnológica (EPT) para a população brasileira propiciando caminho de o acesso mais rápido ao emprego.

É neste âmbito que as ações da Rede e-Tec Brasil promovem a parceria entre a Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) e as instâncias promotoras de ensino técnico como os Institutos Federais, as Secretarias de Educação dos Estados, as Universidades, as Escolas e Colégios Tecnológicos e o Sistema S.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

A Rede e-Tec Brasil leva diversos cursos técnicos a todas as regiões do país, incentivando os estudantes a concluir o ensino médio e realizar uma formação e atualização contínuas. Os cursos são ofertados pelas instituições de educação profissional e o atendimento ao estudante é realizado tanto nas sedes das instituições quanto em suas unidades remotas, os polos.

Os parceiros da Rede e-Tec Brasil acreditam em uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!
Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação
Outubro de 2013

Nosso contato
etecbrasil@mec.gov.br



Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.



Atenção: indica pontos de maior relevância no texto.



Saiba mais: oferece novas informações que enriquecem o assunto ou “curiosidades” e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.



Glossário: indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.



Mídias integradas: sempre que se desejar que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.



Atividades de aprendizagem: apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.



Sumário

Palavra do professor-autor	9
Apresentação da disciplina	11
Projeto instrucional	13
Aula 1 – Introdução à toxicologia	15
1.1 Considerações iniciais.....	15
1.2 Toxicologia ocupacional.....	15
1.3 Classificações.....	19
1.4 Intoxicação.....	21
1.5 Toxicocinética.....	23
1.6 Toxicodinâmica.....	31
Aula 2 – Toxicologia dos metais	35
2.1 Considerações iniciais.....	35
2.2 Intoxicações por metais pesados.....	35
2.3 Chumbo – Pb.....	36
2.4 Mercúrio – Hg.....	39
2.5 Cádmio – Cd.....	41
2.6 Arsênio – As.....	42
2.7 Cromo.....	44
2.8 Níquel.....	46
2.9 Manganês – Mn.....	47
Aula 3 – Toxicologia dos hidrocarbonetos	51
3.1 Considerações iniciais.....	51
3.2 Classificação dos hidrocarbonetos.....	51
3.3 Benzeno.....	52
3.4 Tolueno.....	55
3.5 Xileno.....	57
3.6 Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos.....	58

Aula 4 – Toxicologia dos solventes	63
4.1 Caracterização e utilização dos solventes industriais.....	63
4.2 Propriedades físico-químicas.....	65
4.3 Intoxicação.....	66
4.4 Solventes halogenados.....	67
Aula 5 – Toxicologia dos ácidos e bases	71
5.1 Toxicidade dos ácidos.....	71
5.2 Toxicidade das bases.....	76
Aula 6 – Toxicologia dos agrotóxicos	81
6.1 Definição.....	81
6.2 Classificação.....	82
6.3 Principais usos e população exposta.....	83
6.4 Efeitos sobre a saúde.....	84
Aula 7 – Segurança química	91
7.1 Evolução e gestão da segurança química.....	91
7.2 Classificação de produtos químicos e comunicação de perigos.....	97
Aula 8 – Transporte terrestre de produtos perigosos	107
8.1 Conceito de risco × perigo.....	107
8.2 Classificação GHS × classificação para o transporte.....	107
8.3 Regulamento brasileiro para o transporte terrestre de produtos perigosos.....	109
8.4 Classificação dos produtos perigosos.....	111
8.5 Identificação dos produtos perigosos.....	112
8.6 Fichas de emergência e envelope.....	120
8.7 Equipamentos para emergências no transporte de produtos perigosos.....	122
8.8 Incompatibilidade química.....	122
Referências	124
Currículo do professor-autor	128

Palavra do professor-autor

A relação dos sistemas biológicos com os produtos químicos esteve presente no processo evolutivo humano. Desde os primórdios da civilização o homem faz usos dos produtos químicos, seja na fabricação de armas e objetos metálicos rudimentares, como nas tintas utilizadas na arte rupestre nas cavernas pré-históricas. O ambiente de desenvolvimento fabril, iniciado com a revolução industrial no século XIX e o intenso desenvolvimento tecnológico do século XX, ampliaram intensamente a quantidade de produtos químicos disponíveis.

O estudo dos efeitos tóxicos das substâncias químicas data do início do século XIX, transformando-se em uma ciência chamada de toxicologia. Com o aumento da disponibilidade de produtos químicos, propiciado pelo avanço tecnológico, a toxicologia ganhou importância com o objetivo de proteger a sociedade dos efeitos tóxicos.

Atualmente, de acordo com a *American Chemical Society (ACS)*, existem mais de 11 milhões de substâncias químicas no mundo e cerca de 80 mil são de uso comum, seja na indústria, comércio ou uso doméstico. De acordo com informações da Organização Mundial da Saúde, estima-se que ocorrem no Brasil, cerca de doze mil casos diários de intoxicação. Como a previsão é de uma morte a cada mil casos, a conclusão é que cerca de doze brasileiros morrem intoxicados por medicamentos e/ou outras substâncias químicas todos os dias.

Essas substâncias, dependendo das propriedades químicas ou físicas, podem ser absorvidas, mas felizmente o nosso organismo tem a capacidade de biotransformar e excretar esses compostos. Entretanto, quando a capacidade de absorção excede a capacidade de eliminação, compostos tóxicos podem ser acumulados em concentrações críticas em nosso organismo. O conhecimento da disposição das substâncias químicas no organismo, bem como, de seus produtos de biotransformação é de grande importância quando é analisada a toxicidade das substâncias que agredem os organismos vivos.

A toxicologia vem, portanto, nos ajudar a entender os efeitos nocivos causados pelas substâncias químicas ao interagirem com os organismos vivos,

tendo por objetivo a avaliação do risco de intoxicação, estabelecer medidas de segurança na utilização e conseqüentemente prevenir a intoxicação, antes que ocorram alterações da saúde.

Janis Elisa Ruppenthal

Apresentação da disciplina

A disciplina de toxicologia tem por objetivos: reconhecer, identificar e estudar os agentes tóxicos, o processo de intoxicação e seus mecanismos.

Primeiramente, serão apresentados os processos de intoxicação, as principais classificações dos efeitos toxicológicos e as interações que podem ocorrer entre os diferentes agentes tóxicos.

Na sequência, será estudada a toxicologia dos agentes mais importantes em termos de saúde ocupacional que são: metais, hidrocarbonetos, solventes, ácidos, bases e agrotóxicos.

Também, serão abordadas as questões relacionadas a gestão da segurança química, incluindo a classificação e comunicação de perigos.

No final, serão apresentadas as questões relativas ao transporte terrestre de produtos perigosos. Será abordado o sistema globalmente harmonizado de classificação de produtos químicos (GHS) e a regulamentação brasileira para o transporte terrestre de produtos perigosos.

Seja bem-vindo!
Bons estudos!



Projeto instrucional

Disciplina: Toxicologia (carga horária: 30h).

Ementa: Toxicologia. Toxicologia dos metais. Toxicologia dos hidrocarbonetos. Toxicologia dos polímeros. Toxicologia dos ácidos e bases. Toxicologia dos agrotóxicos. Segurança química. Regulamentação sobre o transporte terrestre de produtos perigosos.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
1. Introdução a toxicologia	Compreender a importância de estudar a toxicologia ocupacional. Estudar sobre as principais classificações aplicáveis aos efeitos toxicológicos. Compreender o processo de intoxicação e seus mecanismos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	04
2. Toxicologia dos metais	Compreender a definição de metais pesados e suas principais características. Conhecer os principais metais, suas características e utilizações. Identificar as principais características e efeitos tóxicos desses elementos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	04
3. Toxicologia dos hidrocarbonetos	Reconhecer os hidrocarbonetos e sua classificação. Identificar os principais hidrocarbonetos e sua utilização. Compreender os efeitos toxicológicos dos hidrocarbonetos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	04
4. Toxicologia dos solventes	Aprender sobre a utilização dos solventes. Identificar as principais classes e propriedades dos solventes e sua relação com a intoxicação. Reconhecer os solventes halogenados.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	03
5. Toxicologia de ácidos e bases	Aprender sobre a toxicidade de ácidos e bases. Estudar os principais ácidos e bases de interesse ocupacional. Conhecer os efeitos tóxicos dos principais ácidos e bases de interesse ocupacional.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	04
6. Toxicologia dos agrotóxicos	Entender o termo agrotóxico e sua utilização. Identificar as classificações dos agrotóxicos. Conhecer os principais efeitos tóxicos dos agrotóxicos.	Ambiente virtual: plataforma Moodle. Apostila didática. Recursos de apoio: <i>links</i> , exercícios.	03

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA (horas)
7. Segurança química	<p>Conhecer a evolução da segurança química no mundo e no Brasil.</p> <p>Identificar e conhecer as normas da ABNT para segurança química.</p> <p>Saber identificar os pictogramas de segurança do GHS.</p>	<p>Ambiente virtual: plataforma Moodle.</p> <p>Apostila didática.</p> <p>Recursos de apoio: <i>links</i>, exercícios.</p>	04
8. Transporte terrestre de produtos perigosos	<p>Entender a identificação de riscos e perigos para o transporte de substâncias perigosas.</p> <p>Conhecer as normas aplicáveis ao transporte terrestre de produtos perigosos.</p> <p>Interpretar a sinalização de produtos perigosos para o transporte terrestre.</p>	<p>Ambiente virtual: plataforma Moodle.</p> <p>Apostila didática.</p> <p>Recursos de apoio: <i>links</i>, exercícios.</p>	04

Aula 1 – Introdução à toxicologia

Objetivos

Compreender a importância de estudar a toxicologia ocupacional.

Estudar sobre as principais classificações aplicáveis aos efeitos toxicológicos.

Compreender o processo de intoxicação e seus mecanismos.

1.1 Considerações iniciais

A toxicologia é a ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes das interações das substâncias químicas com o organismo, com a finalidade de prevenir, diagnosticar e tratar a intoxicação. A toxicologia abrange uma vasta área do conhecimento em que atuam profissionais de formações diversas: química toxicológica, toxicologia farmacológica, clínica, forense, ocupacional, veterinária, ambiental, aplicada a alimentos, genética, analítica, experimental e outras áreas (CHASIN; LIMA, 2010).

1.2 Toxicologia ocupacional

É a área da toxicologia que identifica e quantifica as substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho e os riscos que elas oferecem com o objetivo de prevenir a saúde do trabalhador. São estudados os agentes tóxicos de matérias-primas, produtos intermediários e produtos acabados quanto a: aspectos físico-químicos, interação entre agentes no ambiente e no organismo, as vias de introdução, a toxicidade, a ocorrência de intoxicação em curto, médio e longo prazos, os limites de tolerância na atmosfera e no sistema biológico e os indicadores biológicos de exposição. A prevenção da intoxicação em toxicologia ocupacional pode ser alcançada em 3 etapas fundamentais que são: reconhecimento, avaliação e controle.



- **Reconhecimento** – através do conhecimento dos métodos de trabalho, processos e operações, matérias-primas e produtos finais ou secundários, é identificada a presença do agente em determinado local de trabalho ou

em determinado produto industrial. Também busca-se a caracterização das propriedades químicas e toxicológicas do agente.

- **Avaliação** – realizada através da medição instrumental ou laboratorial do agente químico, comparando os resultados com os limites de tolerância no ambiente e no sistema biológico. Na etapa da avaliação, verifica-se, entre outros fatores, a delimitação da área a ser avaliada, o número de trabalhadores expostos, jornada de trabalho, ventilação, ritmo de trabalho, agentes a pesquisar e fatores interferentes. Os resultados obtidos definirão a necessidade de execução da 3ª etapa.
- **Controle** – visa eliminar ou reduzir a exposição do trabalhador ao agente tóxico. São medidas administrativas e técnicas que limitam o uso de produtos e técnicas de trabalho, tempo de exposição e número de trabalhadores expostos. Também mantém comissões técnicas de controle, disciplinam o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), melhoram as condições de ventilação, treinam os trabalhadores.

Através do cumprimento dessas etapas, torna-se possível estabelecer parâmetros de exposição tanto no ambiente do trabalho quanto no organismo dos trabalhadores. São limites de tolerância acima dos quais as atividades são consideradas insalubres.

Limite de Tolerância (LT) – concentração máxima que uma substância pode alcançar no ambiente de trabalho sem que represente um dano à saúde do trabalhador. Os limites de tolerância estão relacionados apenas à via respiratória sem considerar outras vias de penetração e não contabiliza a **exposição extra laboral**.

Sob o ponto de vista da **monitorização** da saúde, a observação apenas desses limites no ambiente de trabalho é insatisfatória, pois não contempla os indivíduos suscetíveis, hábitos individuais e o somatório de exposições por outras vias de introdução. Para complementar os dados obtidos na monitorização ambiental é necessário o estabelecimento de limites biológicos para a identificação de diferenças individuais.

Limites de Tolerância Biológica (LTB) – é a quantidade limite do agente ou seu produto de biotransformação encontrado em material biológico (ar exalado, urina, sangue). Bem como alterações bioquímicas e fisiológicas decorrentes da exposição a determinado agente tóxico, sem que haja o aparecimento de sinais clínicos de intoxicação ou efeitos irreversíveis.

A-Z

exposição extra laboral

Exposição a determinado agente ou situação que ocorre fora do ambiente de trabalho.

monitorização

É um termo emprestado do inglês *monitoring*, que deriva da palavra monitor, que é um aparelho que capta imagens de instalações de vídeo ou com sensores e que permite visualizar algo. O monitor ajuda a controlar, a vigilar ou a supervisionar uma situação. A monitorização, em termos mais gerais, consiste na observação do seguimento/acompanhamento de um ou mais parâmetros para detectar eventuais anomalias.



Para saber mais sobre conceito de monitorização – O que é, definição e significado, acesse:

<http://http://conceito.de/monitorizacao#ixzz2TswLiAOP>

1.2.1 Xenobiótico, agente tóxico e intoxicação

As substâncias químicas, estranhas ao organismo e sem valor nutritivo, são chamadas xenobióticos, e aquelas capazes de causar dano a um sistema biológico, alterando uma função ou levando-o à morte, sob certas condições de exposição, são chamadas de **agentes tóxicos**. De modo geral, a intensidade da ação do agente tóxico será proporcional à concentração e ao tempo de exposição. Essa relação de proporcionalidade, por sua vez, pode variar de acordo com o estágio de desenvolvimento do organismo e de acordo com seu estado de funcionamento biológico.

A intoxicação é a manifestação do efeito tóxico e corresponde ao conjunto de sinais e sintomas que revelam o desequilíbrio produzido pela interação do agente tóxico com o organismo (BUSCHINELLI; KATO, 2011).

A presença de agentes químicos, físicos ou biológicos no ambiente de trabalho oferece um risco à saúde dos trabalhadores. Entretanto, o fato de estarem expostos a esses agentes agressivos não implica, obrigatoriamente, que venham a contrair uma doença do trabalho.

1.2.2 Toxicidade e risco

Toxicidade é a capacidade inerente e potencial do agente tóxico de provocar efeitos nocivos em organismos vivos. O efeito tóxico é geralmente proporcional à concentração do agente tóxico ao nível do sítio de ação (tecido alvo).

Ação tóxica é a maneira pela qual um agente tóxico exerce sua atividade sobre as estruturas teciduais. O grau de toxicidade de uma substância é avaliado quantitativamente pela medida da DL 50, que é a dose de um agente tóxico, obtida estatisticamente, capaz de produzir a morte de 50 % da população em estudo. Assim, um agente será tanto mais tóxico, quanto menor for sua DL 50.

Quadro 1.1: Categorias de agentes tóxicos

Categoria	DL 50	Exemplos
Extremamente tóxico	< 1 mg/kg	Fluoracetato de sódio
Altamente tóxico	1 a 50 mg/kg	Cianeto de Na, fluoreto de Na, paration
Moderadamente tóxico	50 a 500 mg/kg	DDT
Ligeiramente tóxico	0,5 a 5 g/kg	Acetanilida
Praticamente não tóxico	5 a 15 g/kg	Acetona
Relativamente atóxico	> 15 g/kg	Glicerol

Fonte: IFA, 2013

O conceito de toxicidade vincula-se ainda a outro conceito, o de risco tóxico. Pode-se definir o risco como sendo a probabilidade existente para que uma

A-Z

agente tóxico

Que altera ou destrói as funções vitais, quando proveniente de animais, com função de autodefesa ou predação, é chamado de veneno.

substância produza um efeito adverso previsível, em determinadas condições específicas de uso.

Dessa forma, o fracionamento da dose total, reduz a probabilidade que o agente venha a causar efeitos tóxicos. A razão para isso é que o corpo pode reparar o dano, ou neutralizar o efeito de cada dose subtóxica se ocorrer um intervalo de tempo suficiente até a próxima dose. Em tais casos, a dose total, que seria muito tóxica se recebida toda de uma vez, passa a ser pouco ou não tóxica se administrada em determinado período de tempo. Por exemplo, 30 mg de estricnina ingerida de uma só vez pode ser fatal para um adulto, enquanto que 3 mg ingeridas a cada dia por 10 dias podem não ser fatais (LEITE; AMORIM, 2003).

Também, pode-se dizer que nem sempre a substância de maior toxicidade será a de maior risco. Tudo dependerá das condições de contato com a substância. Por exemplo, podemos ter agentes de alta toxicidade e baixo risco ou ainda agentes de baixa toxicidade e alto risco.

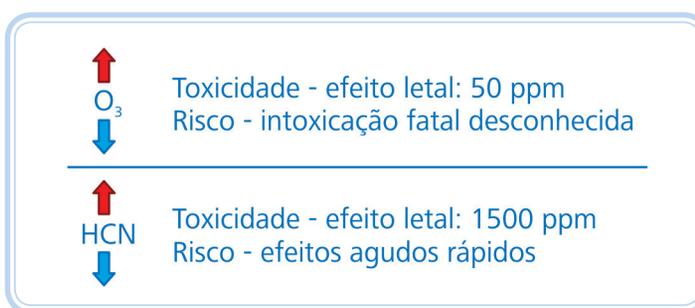


Figura 1.1: Relação toxicidade versus risco

Fonte: CTISM, adaptado de IFA, 2013



Os fatores que influenciam a toxicidade de uma substância são a frequência de exposição, a duração da exposição e a via de administração da substância. Para isso, deve-se conhecer o tipo de efeito que ela produz, a dose para produzir o efeito, as informações sobre as características/propriedades de uma substância e as informações sobre a exposição e o indivíduo (LEITE; AMORIM, 2003).

A exposição simultânea a várias substâncias pode alterar uma série de fatores (absorção, ligação proteica, metabolização e excreção) que influem na toxicidade de cada uma delas separadamente. Assim, a resposta final aos tóxicos combinados pode ser maior ou menor que a soma dos efeitos de cada um deles, podendo-se ter:

- **Efeito aditivo** – quando o efeito final é igual à soma dos efeitos de cada um dos agentes envolvidos.
- **Efeito sinérgico** – quando o efeito final é maior que a soma dos efeitos de cada agente em separado.
- **Potencialização** – quando o efeito de um agente é aumentado se combinado com outro agente.
- **Antagonismo** – quando o efeito de um agente é diminuído, inativado ou eliminado se combinado com outro agente.
- **Reação idiossincrática** – é uma reação anormal a certos agentes tóxicos. Nesses casos, o indivíduo pode apresentar uma reação adversa a doses extremamente baixas (doses consideradas não tóxicas) ou apresentar tolerância surpreendente a doses consideradas altas ou até mesmo letais.
- **Reação alérgica** – é uma reação adversa que ocorre após uma prévia sensibilização do organismo a um agente tóxico. Na primeira exposição o organismo, após incorporar a substância, produz anticorpos. Esses, após atingirem uma determinada concentração no organismo, ficam disponíveis para provocarem reações alérgicas no indivíduo, sempre que houver nova exposição àquele agente tóxico.



Para saber mais sobre Paracelso: cientista da saúde, acesse: <http://www.brasilecola.com/quimica/paracelso-cientista-saude.htm>

1.3 Classificações

1.3.1 De acordo com o tempo de exposição

- **Intoxicação aguda** – decorre de um único contato (dose única/relacionado à potência da droga) ou múltiplos contatos (efeitos cumulativos) com o agente tóxico, num período de tempo aproximado de 24 horas. Os efeitos surgem de imediato ou no decorrer de alguns dias, no máximo 2 semanas.
- **Intoxicação sobreaguda ou subcrônica** – exposições repetidas a substâncias químicas. Denomina-se intoxicação sobreaguda quando ocorre exposição durante um período menor ou igual a 1 mês. Enquanto que, para períodos entre 1 a 3 meses, classifica-se como intoxicação subcrônica.
- **Intoxicação crônica** – efeito tóxico após exposição prolongada a doses cumulativas do toxicante, num período prolongado, geralmente maior de 3 meses chegando até a anos.

1.3.2 Segundo a severidade

- **Leve** – são rapidamente reversíveis, e desaparecem com o fim da exposição.
- **Moderada** – quando os distúrbios são reversíveis e não são suficientes para provocar danos.
- **Severa** – quando ocorrem mudanças irreversíveis suficientemente severas para produzir lesões graves ou morte.

1.3.3 Segundo a EPA

- **Local aguda** – efeitos sobre pele, membranas mucosas e olhos após exposição que varia de segundos a horas.
- **Sistêmica aguda** – efeitos nos diversos sistemas orgânicos após absorção de substâncias por diversas vias, a exposição pode ser de segundos ou horas.
- **Local crônica** – efeitos sobre pele e olhos após repetidas exposições durante meses e anos.
- **Sistêmica crônica** – efeitos nos sistemas orgânicos após repetidas exposições por diversas vias durante longo período de tempo.

1.3.4 Outras classificações

- **Desconhecida** – quando os dados toxicológicos sobre a substância são insuficientes.
- **Imediata** – ocorre rapidamente após única exposição.
- **Retardada** – ocorre rapidamente após longo período de latência.

1.3.5 Classificação para carcinogenicidade

International Agency for Research on Cancer – IARC classifica de acordo com a evidência de carcinogenicidade:

Grupo 1 – o agente é carcinogênico para humanos (evidências suficientes de carcinogenicidade em humanos).

Grupo 2A – o agente é provavelmente carcinogênico para humanos (evidências limitadas de carcinogenicidade em humanos e suficientes evidências em experiências com animais).



Para saber mais sobre
*International Agency for
Research on Cancer*, acesse:
<http://www.iarc.fr/>

Grupo 2B – o agente pode vir a ser carcinogênico para humanos (evidências inadequadas de carcinogenicidade em humanos, mas suficiente em animais, ou evidências limitadas em humanos e insuficientes em animais).

Grupo 3 – o agente não pode ser classificado como carcinogênico para humanos.

Grupo 4 – o agente não é provavelmente carcinogênico para humanos (evidências indicam que não é carcinogênico em animais).

Outros organismos internacionais também classificam os agentes em termos de carcinogenicidade utilizando diferentes estudos e notações. A seguir será apresentada uma síntese baseada em Ribeiro (2012):

Quadro 1.2: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)

A1 – Carcinogênico para humanos
A2 – Carcinogênico para animais
A3 – Carcinogênico para animais em condições especiais
A4 – Não classificável como carcinogênico para humanos
A5 – Não suspeito de carcinogênico para humanos

Fonte: Ribeiro, 2012

A ACGIH utilizada essa classificação em seu livreto sobre os TLVs e BEIs. No Brasil é publicado pela ABHO.

Quadro 1.3: National Toxicology Program (NTP)

A – Carcinogenicidade reconhecida em seres humanos
B – Evidência limitada em seres humanos ou evidência suficiente em animais

Fonte: Ribeiro, 2012

Quadro 1.4: Sistema Harmonizado Globalmente para a classificação e rotulagem de produtos químicos (GHS)

1 – Carcinogenicidade conhecida ou presumida
1A – Cancerígeno humano conhecido, baseado em evidências humanas
1B – Cancerígeno humano presumido, baseado em carcinogenicidade animal demonstrada
2 – Evidências de carcinogenicidade suspeita

Fonte: Ribeiro, 2012

1.4 Intoxicação

Intoxicação é um processo patológico causado por substâncias endógenas ou exógenas, caracterizado por desequilíbrio fisiológico, consequente das alterações bioquímicas no organismo. O processo de intoxicação é evidenciado



Para saber mais sobre American Better Health Organization, acesse: <http://www.abho.org.br>

por sinais e sintomas ou mediante dados laboratoriais e pode ser desdobrado em quatro fases: exposição, toxicocinética, toxicodinâmica, clínica (MORAES; SZNELWAR; FERNICOLA, 1991).

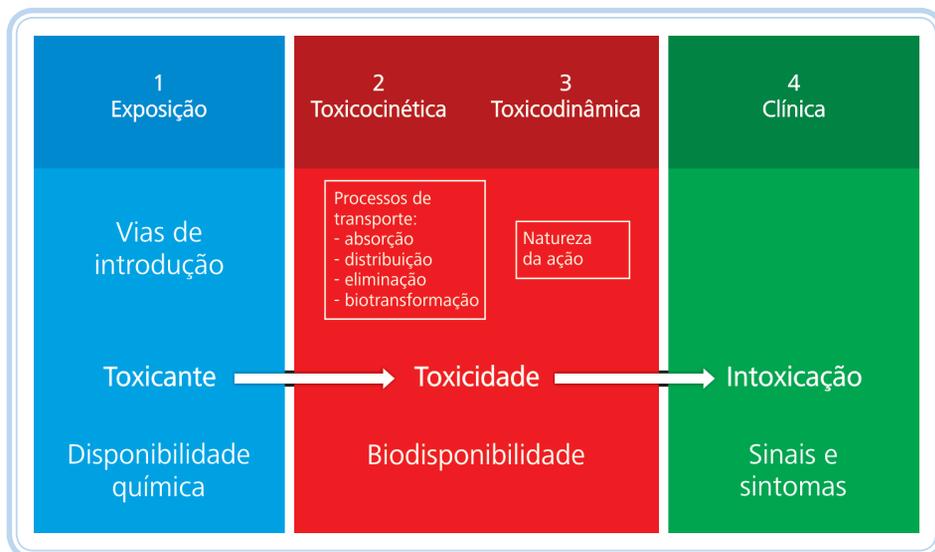


Figura 1.2: Fases da intoxicação

Fonte: CTISM, adaptado de Moraes; Sznelwar; Fernicola, 1991

- **Fase de exposição** – é a fase em que as superfícies externa ou interna do organismo entram em contato com o toxicante. É importante considerar nessa fase a via de introdução, a frequência e a duração da exposição, as propriedades físico-químicas, assim como a dose ou a concentração do xenobiótico e a suscetibilidade individual.
- **Fase de toxicocinética** – inclui todos os processos envolvidos na relação entre a disponibilidade química e a concentração do agente nos diferentes tecidos do organismo. Intervém nessa fase a absorção, a distribuição, o armazenamento, a biotransformação e a excreção das substâncias químicas. As propriedades físico-químicas dos toxicantes determinam o grau de acesso aos órgãos-alvos, assim como a velocidade de sua eliminação do organismo.
- **Fase de toxicodinâmica** – compreende a interação entre as moléculas do toxicante e os sítios de ação, específicos ou não, dos órgãos e, consequentemente, a alteração do **equilíbrio homeostático**.
- **Fase clínica** – é a fase em que há evidências de sinais e sintomas, ou ainda, alterações patológicas detectáveis mediante provas diagnósticas, caracterizando os efeitos nocivos provocados pela interação do toxicante com o organismo.

A-Z

equilíbrio homeostático

Refere-se ao conjunto de processos que os sistemas biológicos utilizam para se manterem em **homeostase**.

homeostase

É a propriedade de um sistema aberto, em seres vivos especialmente, que tem função de regular o seu ambiente interno para manter uma condição estável, mediante múltiplos ajustes de equilíbrio dinâmico controlados por mecanismos de regulação interrelacionados.

1.4.1 Toxicologia por analogia

Por causa da escassez de informações toxicológicas de muitos compostos químicos utilizados na indústria, existe frequentemente uma tendência em assumir que compostos que possuem características químicas próximas, terão propriedades tóxicas similares. Enquanto isso pode ser verdade para um número limitado de substâncias, esse fato não pode significar uma verdade universal.

Como mencionado anteriormente, muitos produtos químicos quando absorvidos pelo corpo sofrem uma série de mudanças (processos de desintoxicação) antes de serem excretados. Os produtos intermediários dependerão da estrutura química do material original, e pequenas diferenças na estrutura podem resultar em produtos intermediários ou finais totalmente diferentes.

Esse princípio é muito bem ilustrado no caso do benzeno e tolueno. Trata-se de produtos quimicamente muito próximos, mas os metabolismos são diferentes e o grau de toxicidade é também muito diferente. Logo a toxicologia por analogia pode ser perigosa e enganosa.

1.5 Toxicocinética

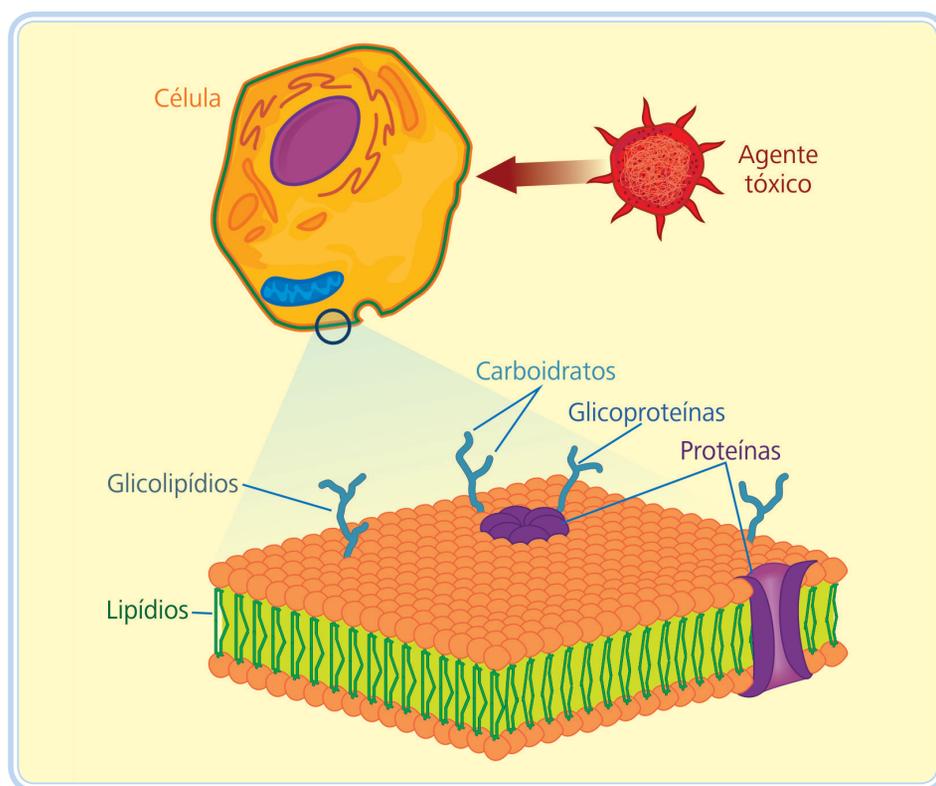


Figura 1.3: Membrana plasmática ou celular

Fonte: CTISM

Nessa fase, tem-se a ação do organismo sobre o agente tóxico, procurando diminuir ou impedir a ação nociva da substância sobre ele. Dela resulta a quantidade de toxicante disponível para interagir com o sítio alvo e, conseqüentemente, exercer a ação tóxica. A toxicocinética é constituída pelos seguintes passos: absorção, distribuição, biotransformação e excreção.

A movimentação do agente tóxico no organismo, desde a sua entrada até a sua eliminação, envolve a transposição de membranas celulares.

1.5.1 Absorção

Absorção é quando o agente tóxico passa de um meio externo para um meio interno, ou seja, é introduzido no organismo e vai para a circulação sistêmica. A absorção do agente químico depende de fatores ligados ao agente químico e a membrana celular e pode acontecer pelas vias respiratórias, via dérmica ou pelo trato gastrointestinal.

1.5.1.1 Absorção via dérmica

A pele é um órgão formado por múltiplas camadas de tecidos e contribui com cerca de 10 % de peso corpóreo. No estado íntegro, a pele constitui uma barreira efetiva contra a penetração de substâncias químicas exógenas. No entanto, alguns xenobióticos podem sofrer absorção cutânea, dependendo de fatores tais como a anatomia e as propriedades fisiológicas da pele e das propriedades físico-químicas dos agentes.

A pele é formada por duas camadas, a epiderme que é a camada mais externa da pele e a derme, que é formada por tecido conjuntivo em que se encontram os vasos sanguíneos, nervos, folículos pilosos, glândulas sebáceas e sudoríparas. Esses três últimos elementos da derme permitem o contato direto com o meio externo. As substâncias químicas podem ser absorvidas, principalmente, através das células epidérmicas ou folículos pilosos.



A via dérmica é a porta de entrada mais frequente das intoxicações por agrotóxicos. Pois a contaminação acontece nas mãos, braços, pescoço, face, e couro cabeludo pela absorção de respingos, névoa de pulverização, uso de roupas contaminadas. Os fatores ligados à absorção via dérmica são o tempo de exposição, hidro e lipossolubilidade, tamanho da molécula, temperatura do corpo e do ambiente, volatilidade além de outros.

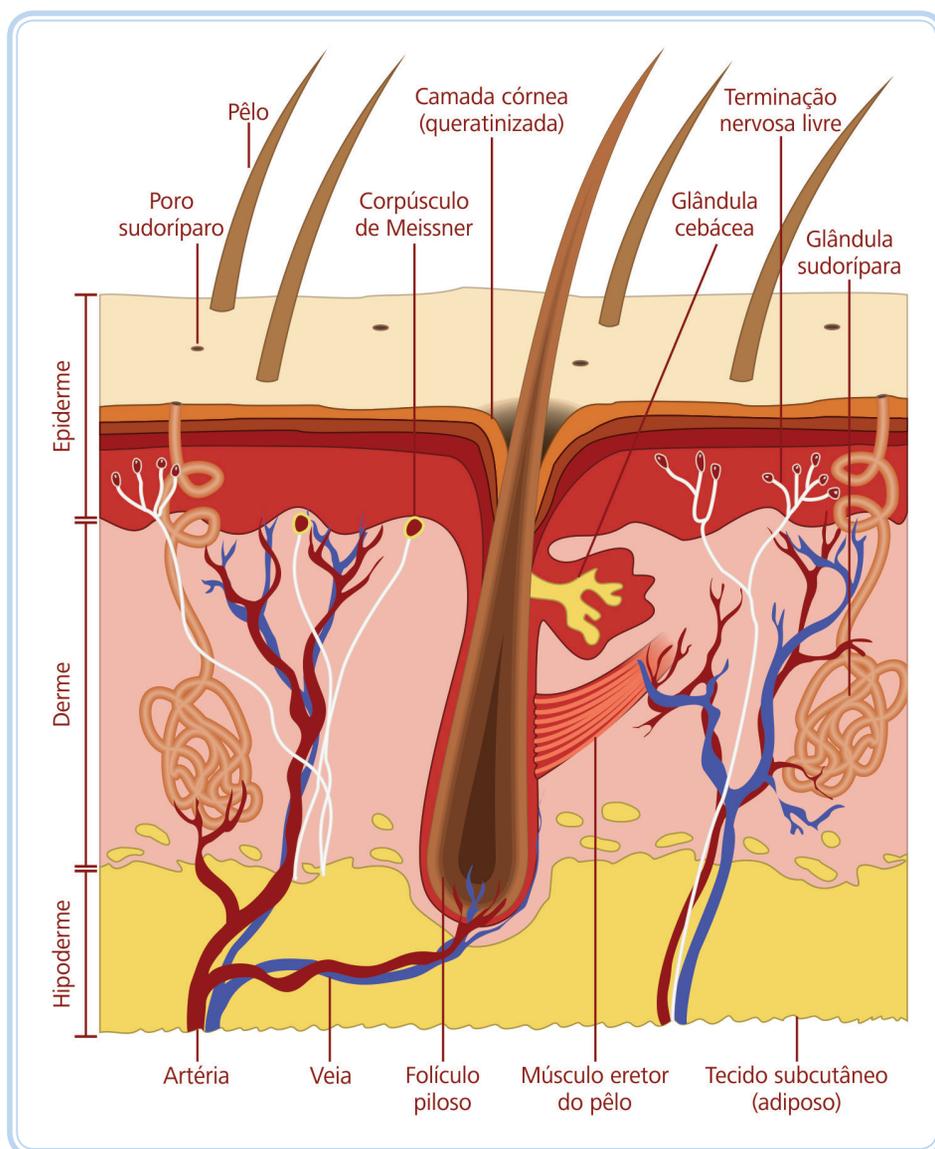


Figura 1.4: Camadas da pele

Fonte: CTISM

Os efeitos do agente tóxico na pele podem ser tópicos ou sistêmicos. Efeitos tópicos são a corrosão, sensibilização e mutação. Os efeitos sistêmicos podem resultar em ação do toxicante em tecidos distantes.

1.5.1.2 Absorção pelas vias respiratórias

A via respiratória é muito importante para a toxicologia ocupacional, visto que muitas intoxicações ocupacionais são decorrentes da aspiração de substâncias contidas no ar. A superfície pulmonar total é de aproximadamente 90 m² e a superfície alveolar de 50 a 100 m² (RIBEIRO, 2012).

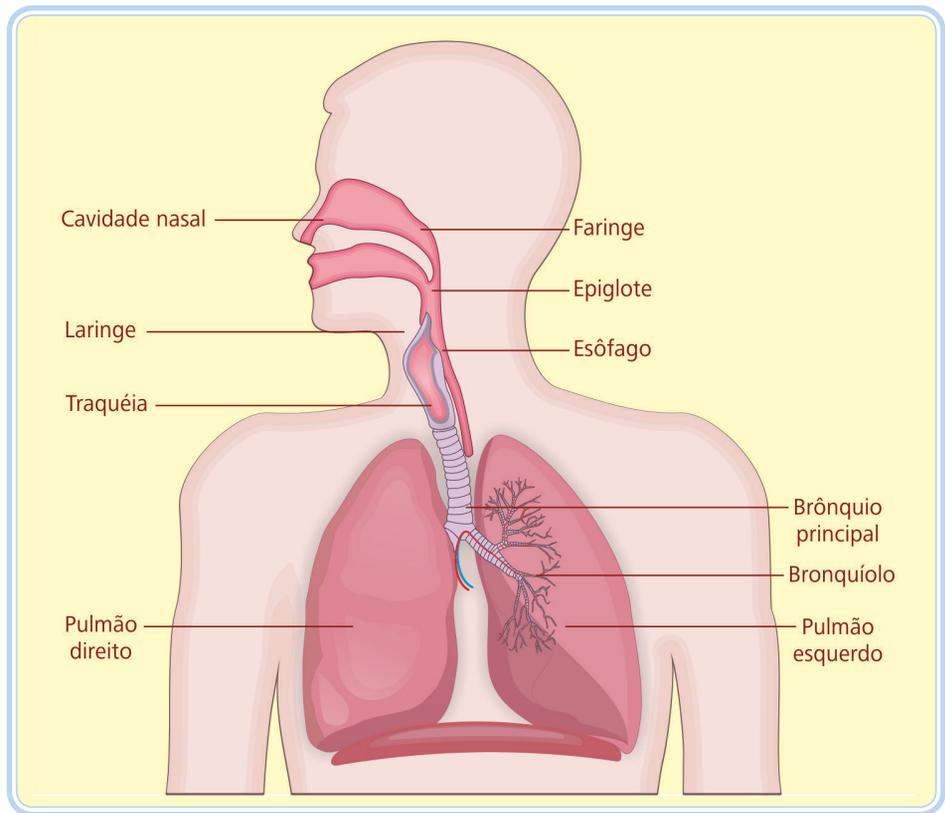


Figura 1.5: Via respiratória

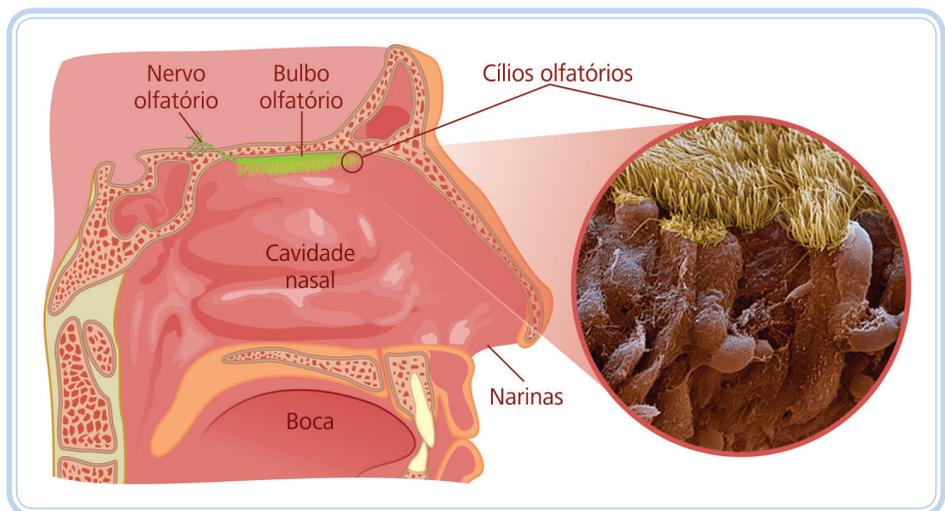
Fonte: CTISM

O fluxo sanguíneo contínuo exerce uma boa ação de dissolução e muitos agentes químicos podem ser absorvidos rapidamente a partir dos pulmões. Os agentes passíveis de sofrerem absorção pulmonar são os gases e vapores e os **aerodispersóides**. Essas substâncias poderão ser absorvidas, tanto nas vias aéreas superiores, quanto nos alvéolos.

A-Z

aerodispersóides

Ou aerossóis são dispersões de partículas sólidas ou líquidas de tamanho bastante reduzido que podem se manter por longo tempo em suspensão no ar.



Figuras 1.6: Estrutura do nariz e cílios nasais

Fonte: CTISM

A retenção parcial ou total dos agentes nas vias aéreas superiores está ligada ao diâmetro de partícula, hidrossolubilidade, condensação e temperatura. Geralmente, as partículas com diâmetro maior do que 30 µm ficarão retidas nas regiões menos profundas do trato respiratório. Também quanto maior a sua solubilidade em água, maior será a tendência de ser retido no local (TORLONI; VIEIRA, 2003).

Nos alvéolos pulmonares duas fases estão em contato, uma gasosa formada pelo ar alveolar e outra líquida representada pelo sangue. Diante de um gás ou de um vapor, o sangue pode se comportar de duas maneiras diferentes. O agente tóxico pode dissolver-se simplesmente por um processo físico ou, ao contrário, combinar-se quimicamente com elementos do sangue. No primeiro caso, tem-se a dissolução do toxicante no sangue e no segundo caso, a reação química. Já as partículas presentes nos alvéolos, que não foram removidas ou absorvidas, podem ficar retidas na região, causando as chamadas **pneumoconioses** (TORLONI; VIEIRA, 2003).

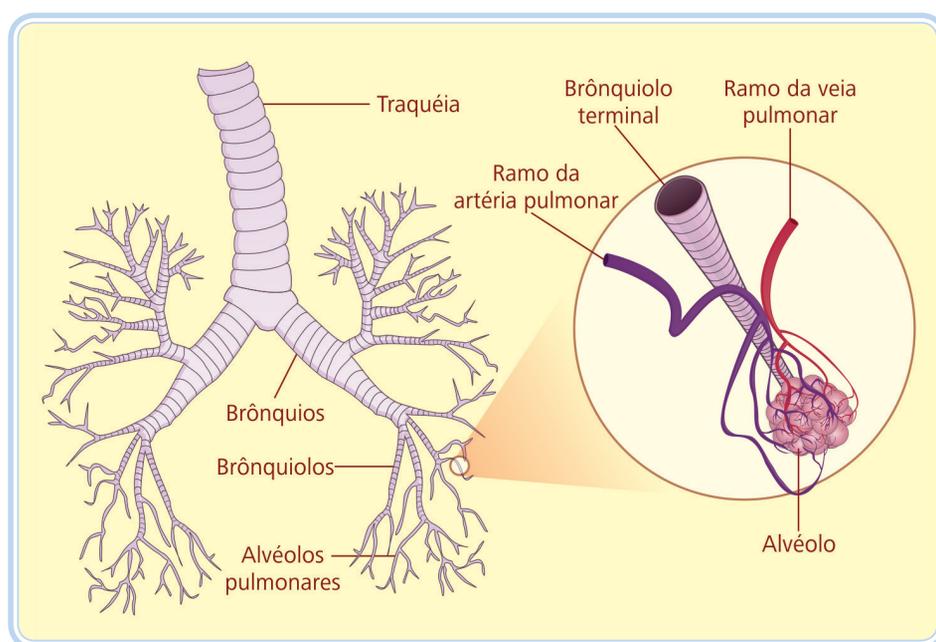


Figura 1.7: Estrutura do pulmão e alvéolos pulmonares

Fonte: CTISM

1.5.1.3 Absorção via oral, digestiva ou trato gastrointestinal

No trato gastrointestinal (TGI) um agente tóxico poderá sofrer absorção desde a boca até o reto. Poucas substâncias sofrem a absorção na mucosa oral, porque o tempo de contato é pequeno nesse local. Estudos experimentais, no entanto, mostram que a cocaína, a estricnina, a atropina e vários opióides podem sofrer absorção na mucosa bucal. Não sendo absorvido na mucosa oral, o toxicante poderá sofrer absorção na porção do TGI onde existir a maior

A-Z

pneumoconioses

O termo pneumoconiose foi originalmente usado para descrever uma reação pulmonar à inalação de poeiras minerais encontradas no local de trabalho. Atualmente, o termo inclui doenças induzidas por partículas orgânicas, inorgânicas, por fumos e vapores químicos.

A-Z

lipossolúvel

É uma substância que seja solúvel na presença de lipídeos ou gorduras.

microvilosidades

são projeções microscópicas da membrana celular.

quantidade de sua forma não ionizada (**lipossolúvel**). Um dos fatores que favorecem a absorção intestinal de nutrientes e xenobióticos é a presença de **microvilosidades**, que proporcionam grande área de superfície.

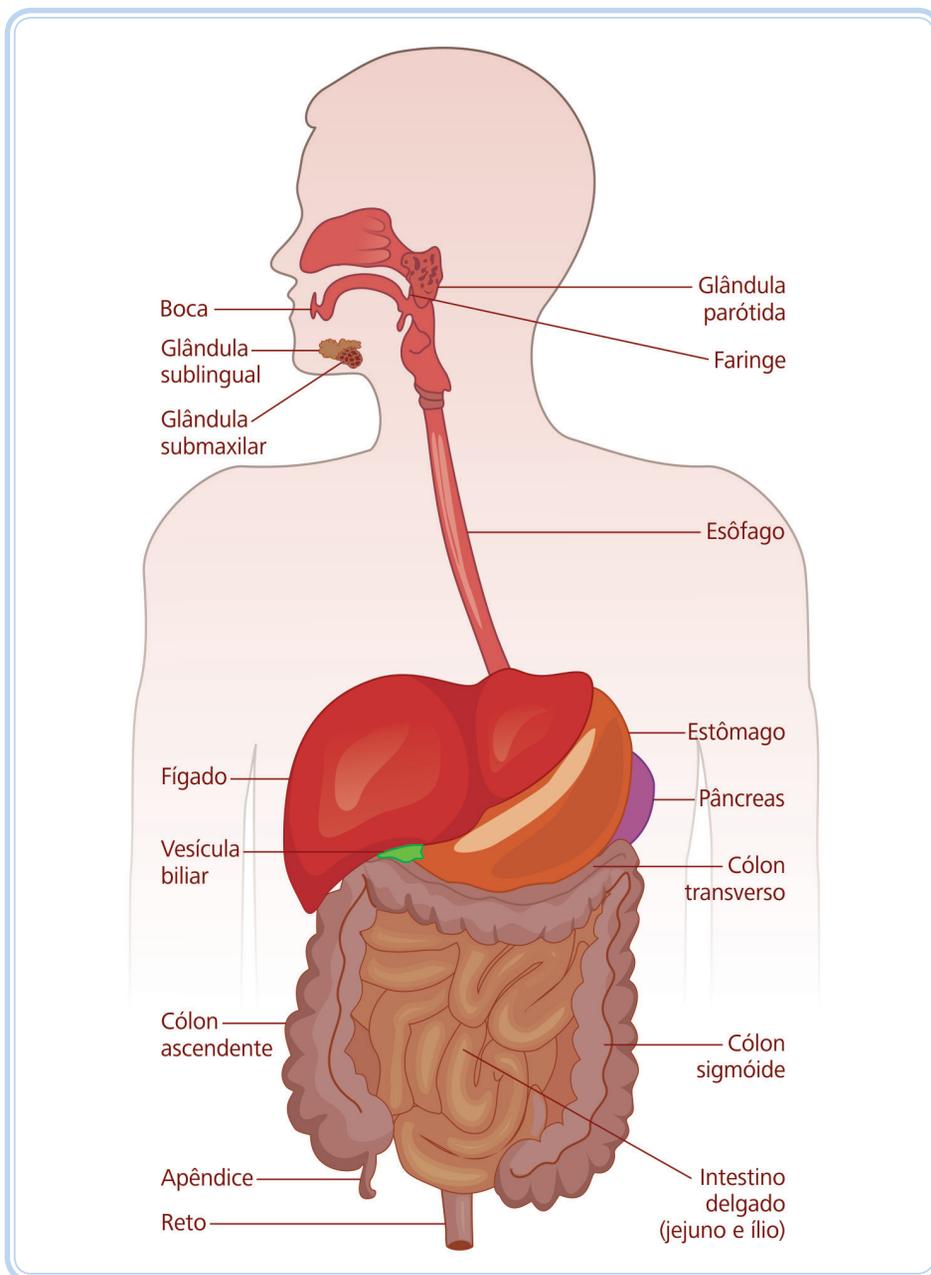


Figura 1.8: Sistema digestivo

Fonte: CTISM

1.5.2 Distribuição

Na distribuição, o agente tóxico é transportado para o resto do organismo, podendo deslocar-se para diversos tecidos e células. A concentração do agente é desigual para os vários pontos no sistema, e locais de maior área não neces-

sariamente terão maior concentração do toxicante. Ao circular, o agente tóxico pode ser biotransformado, ligar-se ao sítio de ação, ser eliminado, ligar-se a proteínas plasmáticas ou eritrócitos ou ser armazenado.

Os fatores que influem na distribuição e acúmulo são a irrigação do órgão, pois uma maior vascularização facilita o contato do agente tóxico, o conteúdo aquoso ou lipídico e a integridade do órgão. Os principais locais de armazenamento são: proteínas plasmáticas, fígado e rins, tecido ósseo, tecido adiposo, placenta, leite materno, cabelos.

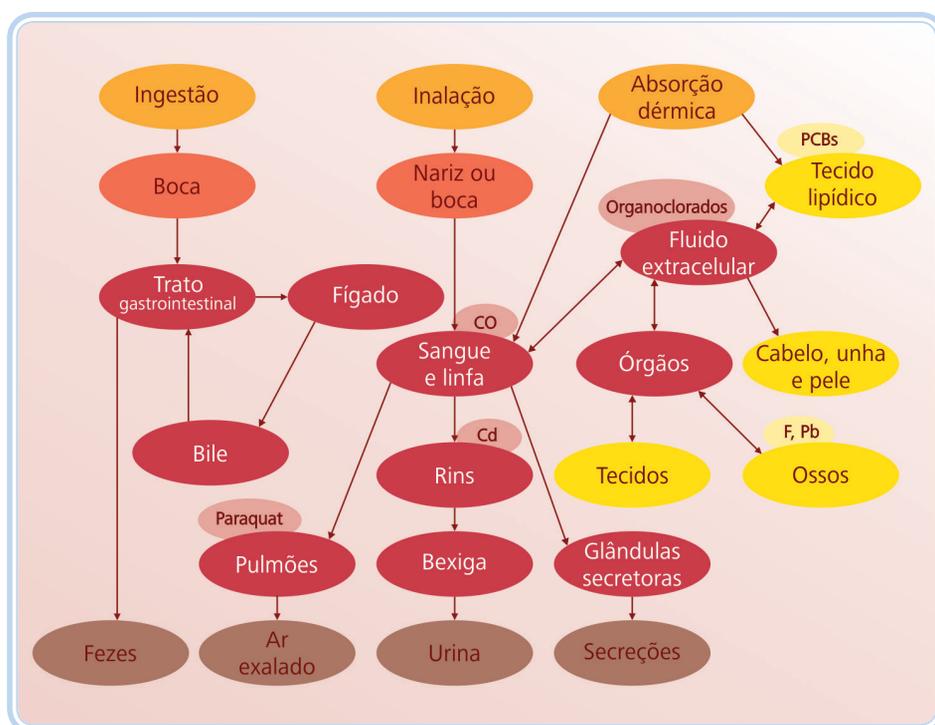


Figura 1.9: Distribuição do agente tóxico no organismo

Fonte: CTISM, adaptado de Torloni e Vieira, 2003

1.5.2.1 Redistribuição

O término do efeito tóxico de uma substância costuma ocorrer por biotransformação ou excreção, mas, também, pode resultar da redistribuição da substância do seu sítio de ação para outros tecidos. Entretanto, ela ainda estará armazenada nesses locais na forma ativa e sua saída definitiva dependerá de biotransformação e excreção. Se houver saturação do local de armazenamento com a dose inicial, uma dose subsequente pode produzir efeito prolongado.

1.5.3 Biotransformação



Para reduzir a possibilidade de uma substância desencadear uma resposta tóxica, o organismo apresenta mecanismos de defesa que buscam diminuir essa quantidade que chega de forma ativa ao tecido alvo, assim como reduzir o tempo de permanência em seu sítio de ação. Para isso, é necessário diminuir a difusibilidade do toxicante e aumentar a velocidade de sua excreção. Logo a biotransformação pode ser compreendida como um conjunto de alterações químicas ou estruturais que as substâncias sofrem no organismo, geralmente, ocasionadas por processos enzimáticos, com o objetivo de diminuir ou cessar a toxicidade e facilitar a excreção.

A biotransformação pode ocorrer em qualquer órgão ou tecido orgânico como, por exemplo, no intestino, rins, pulmões, pele, testículos, placenta, entre outros. A grande maioria das substâncias, sejam elas endógenas ou exógenas, é biotransformada no fígado.

O fígado é o maior órgão do corpo humano com diversas e vitais funções, destacando-se entre elas, as transformações de xenobióticos e nutrientes. A biotransformação é efetuada, geralmente por enzimas. A eficiência do processo depende de fatores como dose e frequência de exposição, espécie, idade, gênero, variabilidade genética, estado nutricional, estado patológico e a exposição a outros agentes que podem inibir ou induzir as enzimas biotransformadoras de xenobióticos.

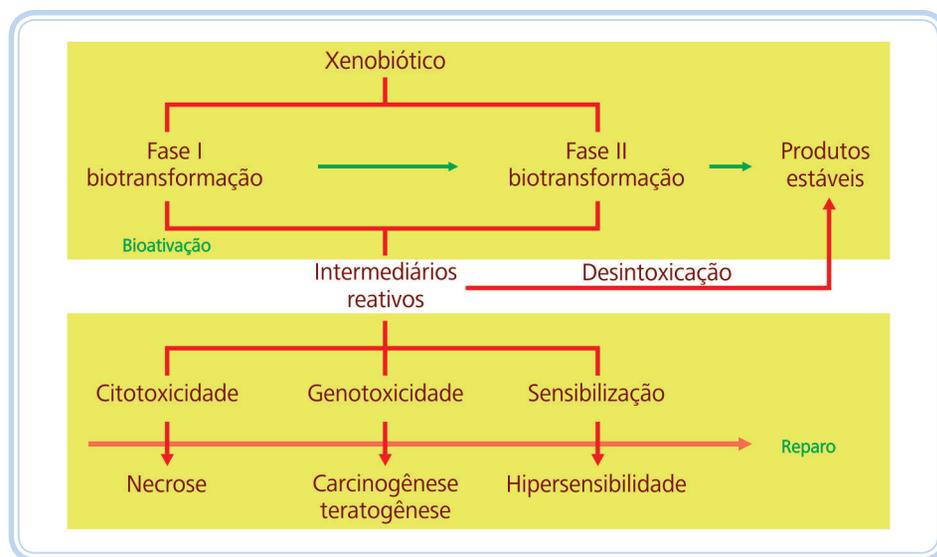


Figura 1.10: Mecanismo de biotransformação

Fonte: CTISM, adaptado de Torloni e Vieira, 2003

1.5.4 Excreção

Os xenobióticos que penetram no organismo são, posteriormente, excretados através da urina, bile, fezes, ar expirado, leite, suor e outras secreções, sob forma inalterada ou modificada quimicamente. A excreção pode ser vista como um processo inverso ao da absorção, pois os fatores que interferem na entrada do xenobiótico no organismo, podem dificultar a sua saída.

Basicamente existem três classes de excreção – a eliminação através das secreções, tais como a biliar, sudorípara, lacrimal, gástrica, salivar, láctea; a eliminação através das excreções, tais como urina, fezes e catarro; a eliminação pelo ar expirado. Os fatores que atuam sobre velocidade e via de excreção são:

- **Via de introdução** – interfere na velocidade de absorção, de biotransformação e, também, na excreção.
- **Afinidade por elementos do sangue e outros tecidos** – geralmente o agente tóxico na sua forma livre está disponível à eliminação.
- **Facilidade de biotransformação** – com o aumento da polaridade a secreção por via urinária fica facilitada.
- **Frequência respiratória** – em relação a excreção pulmonar, o aumento da frequência respiratória, acelera as trocas gasosas.
- **Função renal** – como a via renal é a principal via de excreção dos xenobióticos, qualquer disfunção dos órgãos irá interferir na velocidade e proporção de excreção.

1.6 Toxicodinâmica

A fase da toxicodinâmica é caracterizada pela presença, em sítios específicos, do agente tóxico ou dos produtos da biotransformação, que ao interagirem com as moléculas orgânicas constituintes das células produzem alterações bioquímicas, morfológicas e funcionais que caracterizam o processo de intoxicação.



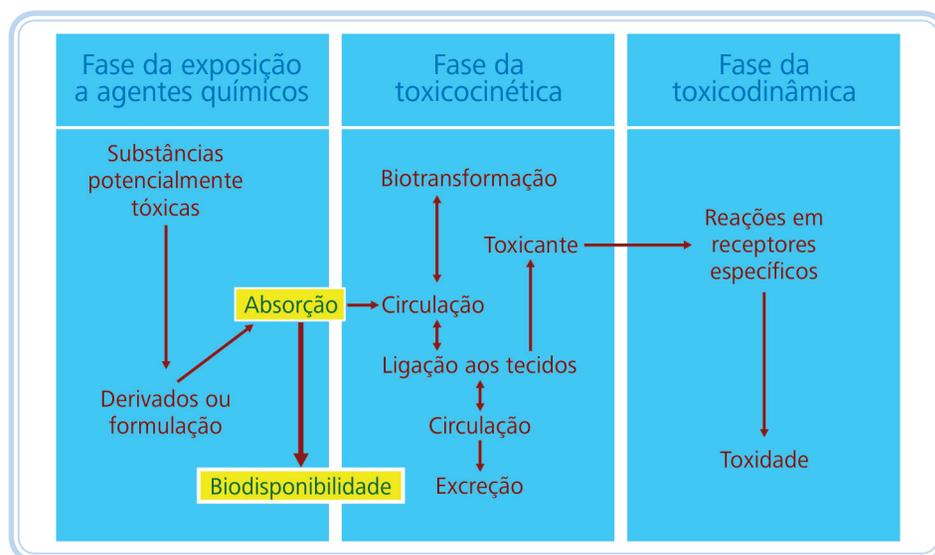


Figura 1.11: Biotransformação e fases da intoxicação

Fonte: CTISM, adaptado de Torloni e Vieira, 2003

Nessa etapa podem ocorrer interações de adição, sinergismo, potenciação e antagonismo entre as substâncias. Essas interações poderão aumentar ou diminuir os efeitos tóxicos.

- **Adição** – quando o efeito induzido por dois ou mais compostos é igual à soma dos efeitos de cada agente isolado.
- **Sinergismo** – o efeito induzido por dois ou mais compostos juntos é maior do que a soma dos efeitos de cada agente.
- **Potenciação** – quando um agente que primariamente é desprovido de ação tóxica aumenta a toxicidade de um agente tóxico.
- **Antagonismo** – o efeito de um agente é diminuído, inativado ou eliminado quando combinado com outro agente.

Um exemplo da fase da toxicodinâmica é a formação de tumores. Qualquer molécula ou seu produto de biotransformação, que possa agir com agente alquilante ou arilante pode atacar o DNA provocando modificações na estrutura molecular com consequentes mutações (mutagênese). Essas mutações são hereditárias quando ocorrem no nível de gametas e podem afetar gerações futuras. Mutações somáticas são as que aparecem em outras células do organismo e podem levar ao desenvolvimento de tumores benignos ou malignos.

Resumo

Nessa aula, aprendemos as noções básicas de toxicologia ocupacional e as relações entre toxicidade e risco. Também aprendemos as principais classificações sobre os efeitos tóxicos e sua utilização. Estudamos o processo de intoxicação e suas fases.

Atividades de aprendizagem



1. Quais são os fatores que influenciam a toxicidade de uma substância?
2. Explique se há uma relação entre toxicidade e risco.
3. A exposição simultânea a várias substâncias pode resultar em que tipo de efeitos combinados?
4. Quais são as fases da intoxicação?
5. Qual a classificação da ACGIH para carcinogenicidade?
6. Quais são os meios da absorção no processo da toxicocinética?
7. Qual é a via de absorção de maior perigo? Por quê?
8. Explique a biotransformação. Onde ela ocorre para a maioria das substâncias?
9. Quais são as três classes de excreção?
10. A formação de tumores é um exemplo de qual a fase da intoxicação?

Aula 2 – Toxicologia dos metais

Objetivos

Compreender a definição de metais pesados e suas principais características.

Conhecer os principais metais, suas características e utilizações.

Identificar as principais características e efeitos tóxicos desses elementos.

2.1 Considerações iniciais

Os metais compõem um grupo de elementos químicos sólidos no seu estado puro, com exceção do mercúrio, que é líquido, caracterizados pelo seu brilho, dureza, cor amarelada a prateada, boa condutividade de eletricidade e calor, maleabilidade, ductilidade, além de elevados pontos de fusão e ebulição (CARDOSO, 2008).

Dentre estes elementos, existem alguns que apresentam uma densidade mais elevada do que a dos demais, e, por isso, são denominados metais pesados. Além da densidade elevada, o que, em números, equivale a mais de $4,0 \text{ g/cm}^3$, os metais pesados também se caracterizam por apresentarem altos valores de número atômico (acima de 20), massa específica e massa atômica (CARDOSO, 2008).

2.2 Intoxicações por metais pesados

As principais propriedades dos metais pesados, também denominados elementos traço, são os elevados níveis de reatividade e bioacumulação. Isto quer dizer que tais elementos, além de serem capazes de desencadear diversas reações químicas, não metabolizáveis (organismos vivos não podem degradá-los), o que faz com que permaneçam em caráter cumulativo ao longo da cadeia alimentar (CARDOSO, 2008).



Os metais pesados, a partir do contato com o organismo humano, podem representar diferentes riscos à saúde. Esses riscos podem ser imediatos, como também podem ter efeitos nocivos em médio ou longo prazo, visto que sua contaminação é progressiva e cumulativa (MACEDO, 2012).

Do ponto de vista toxicológico, esse grupo de metais possui uma propriedade química que os distingue em relação aos efeitos no organismo. Possuem a capacidade característica de afetar diferentes órgãos e tecidos do organismo em decorrência dos processos bioquímicos que resultam na afinidade com um ou outro órgão ou tecido.

Os metais pesados não podem ser destruídos e são altamente reativos do ponto de vista químico, o que explica a dificuldade de serem encontrados em estado puro na natureza. Normalmente, apresentam-se em concentrações muito pequenas, associados a outros elementos químicos, formando minerais em rochas.

Os seres vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns desses metais, incluindo cobalto, cobre, manganês, molibdênio, vanádio, estrôncio e zinco para a realização de funções vitais no organismo. Porém níveis excessivos desses elementos podem ser extremamente tóxicos. Outros metais pesados como o mercúrio, chumbo e cádmio não possuem nenhuma função dentro dos organismos e a sua acumulação pode provocar graves doenças.

2.3 Chumbo – Pb

2.3.1 Caracterização físico-química e utilização

À temperatura ambiente encontra-se no estado sólido com coloração cinza azulada, maleável, baixo ponto de fusão (327,4°C) é mau condutor de eletricidade. Encontrado com abundância na crosta terrestre a partir do minério galena (PbS) que possui 86 % de Pb em sua composição.



Figura 2.1: Minério galena

Fonte: <http://www.dakotamatrix.com/products/890/galena>

É o metal não ferroso mais usado na indústria. Sua produção mundial é de aproximadamente 6 milhões de toneladas por ano. As principais atividades profissionais e fontes de exposição ambiental ao chumbo metálico são: (BRASIL, 2006a).

- Exposições ocupacionais a poeiras e fumos de chumbo.
- Extração, concentração e refino de minérios contendo chumbo.
- Fundição de chumbo.
- Produção, reforma e reciclagem de acumuladores elétricos.
- Fabricação e têmpera de aço chumbo.
- Fundições de latão e bronze.
- Reparo de radiadores de carro.
- Manuseio de sucatas de chumbo.
- Instrução e prática de tiro.
- Produção de cerâmicas.
- Jateamento de tintas antigas à base de chumbo.
- Soldas à base de chumbo.



Assista a um vídeo sobre chumbo, em:
<http://www.youtube.com/watch?v=2yPm1nsCFJw>

- Produção de cristais.
- Uso de rebolos contendo chumbo.
- Corte a maçarico de chapas de chumbo ou pintadas com tintas à base de chumbo.
- Demolição, queima, corte ao maçarico de materiais revestidos de tintas contendo chumbo.
- Demolição de instalações antigas com fornos de chumbo.
- Produção de pigmentos contendo chumbo.
- Operações de lixamento/polimento de materiais contendo chumbo.



Os principais compostos orgânicos de chumbo são encontrados em tinturas de cabelo, secantes de lacas, vernizes, graxas, ceras e em antidetonantes para gasolina.

2.3.2 Intoxicação

Uma vez que o chumbo entre em contato com o organismo, o mesmo não sofre metabolização, sendo complexado por macromoléculas, diretamente absorvido, distribuído e excretado. As vias de contaminação podem ser a inalação de fumos e poeiras (mais importante do ponto de vista ocupacional) e a ingestão. Apenas as formas orgânicas do metal podem ser absorvidas via cutânea. O chumbo é bem absorvido por inalação e até 16 % do chumbo ingerido por adultos pode ser absorvido. Em crianças, o percentual absorvido através da via digestiva é de 50 %. Uma vez absorvido, o chumbo é distribuído para o sangue onde tem meia-vida de 37 dias, nos tecidos moles, sua meia-vida é de 40 dias e nos ossos, sua meia-vida é de 27 anos, constituindo estes o maior depósito corporal do metal armazenando 90 a 95 % do chumbo presente no corpo. A excreção é extremamente lenta, ocorrendo 65 % por via renal e 35 % por via biliar. O restante é pelo suor, unhas, cabelos, descamação da pele.

Os efeitos são a neurotoxicidade, distúrbios hematológicos, distúrbios renais, hipertensão arterial, carcinogenicidade com evidência suficiente em animais e evidência inadequada em humanos (IARC). Também apresenta efeitos reprodutivos com possível aumento de abortos, malformações, natimortos e redução na contagem de espermatozoides.

2.4 Mercúrio – Hg

2.4.1 Caracterização físico-química e utilização

Metal líquido à temperatura ambiente, inodoro, bom condutor de eletricidade, insolúvel em água e solúvel em ácido nítrico. Os compostos químicos contendo mercúrio são classificados, do ponto de vista toxicológico, em dois grupos principais: compostos orgânicos e compostos inorgânicos, onde se inclui também o mercúrio atômico ou elementar. É encontrado em minérios, combustíveis fósseis (carvão/petróleo) e erupções vulcânicas.



Figura 2.2: Mercúrio metálico

Fonte: http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0708/g1_mercurio/fisquim.html

Principais usos do mercúrio metálico (BRASIL, 2013):

- Catalisador da indústria de cloro soda.
- Fabricação de aparelhos de medição de uso doméstico, clínico e industrial como termômetros (temperatura), esfigmomanômetros (pressão sanguínea), barômetros (pressão).
- Fabricação de lâmpadas fluorescentes.
- Interruptores elétricos e eletrônicos (interruptores de correntes).
- Instrumentos de controle industrial (termostatos e pressostatos).
- Amálgama odontológico.
- Amálgama na atividade de mineração.



Assista a um vídeo sobre mercúrio em:
<http://www.youtube.com/watch?v=NX6JNz3TL0g>

Principais usos do mercúrio inorgânico:

- Eletrólito em baterias.
- Biocidas na indústria de papel, tintas e sementes.
- Antisséptico em produtos farmacêuticos.
- Reagentes químicos.
- Tintas protetoras de cascos de navio.
- Pigmentos e corantes (em desuso).

2.4.2 Intoxicação

O mercúrio elementar é solúvel em gorduras, o que lhe permite atravessar membranas. A principal via de penetração são os pulmões, através da inalação dos vapores metálicos. Cerca de 80 % dos vapores inalados são absorvidos nos alvéolos pulmonares, em consequência da alta difusibilidade da substância. O mercúrio é também absorvido através da pele por contato com a forma líquida ou vapor, e através do aparelho digestivo ele é absorvido na proporção de 2 a 10 % da quantidade ingerida.

barreira hematoencefálica

É uma estrutura membrânica que atua principalmente para proteger o Sistema Nervoso Central (SNC) de substâncias químicas presentes no sangue, permitindo ao mesmo tempo a função metabólica normal do cérebro.

A-Z

Após penetrar no organismo, o mercúrio apresenta-se na forma metálica o que permite atravessar a **Barreira Hematoencefálica** (BHE), atingindo o cérebro. No sangue e nos tecidos, ele é rapidamente oxidado ao íon mercúrio (Hg^{2+}) que se fixa às proteínas (albumina) e aos glóbulos vermelhos, sendo distribuído.



É armazenado no nível do cérebro e dos rins, com baixa taxa de eliminação através dos intestinos e rins, devido à sua baixa excreção renal. No sistema nervoso, armazena-se durante meses. É também eliminado pelas glândulas salivares, lacrimais e sudoríparas (COSTA; ROHLFS, 2010).

Os efeitos agudos na exposição são:

- **Aparelho respiratório** – os vapores são irritantes, provocando bronquite e edema pulmonar. Surge salivação, gosto metálico, lesão renal, tremores e convulsão.
- **Aparelho digestivo** – gosto metálico na boca, sede, dor abdominal, vômito e diarreia.

- **Aparelho urinário** – lesão renal, insuficiência renal e morte.
- **Sistema nervoso** – alucinações, irritabilidade, perda de memória, irritabilidade emocional, confusão mental, anormalidades nos reflexos, coma e morte.
- **Pele** – irritação cutânea, edema e pústula ulcerosa nas extremidades dos dedos.

A exposição prolongada ao mercúrio elementar leva às seguintes alterações:

- **Boca** – inflamação da gengiva, que fica mole e esponjosa, dentes moles, inchaço das glândulas salivares, excesso de saliva.
- **Sistema nervoso** – tremores nos braços, nas mãos, pernas, pálpebras, nos dedos e lábios, vertigem e rubor.
- **Psiquismo** – irritabilidade, perda de memória, alucinações, perda do autocontrole, insônia, depressão, pesadelos.
- **Outras alterações** – rubor na face e lesões na pele.

2.5 Cádmio – Cd

2.5.1 Caracterização físico-química e utilização

À temperatura ambiente, encontra-se no estado sólido. O cádmio é um metal macio, de cor entre o branco e o prateado, que ocorre naturalmente na crosta terrestre, podendo ser encontrado em minerais, em combinação com outros elementos. Normalmente é encontrado em minas de zinco. Cerca de 83 % de todo o cádmio é usado na produção de pilhas e baterias, 8% nos pigmentos de tinta e 7 % em revestimentos e em placas de metal.



Figura 2.3: Cádmio

Fonte: <http://www.brasilecola.com/quimica/cadmio.htm>

2.5.2 Intoxicação

Metal pesado que produz efeitos tóxicos nos organismos vivos, mesmo em concentrações muito pequenas. A exposição ocupacional acontece principalmente em fábricas de baterias por inalação de fumos e poeiras de Cd. Em refinarias de chumbo e zinco, soldadores e trabalhadores de indústrias eletrônicas, têxteis e de plásticos estão também expostos aos resíduos de Cd tanto por inalação como por contato.



Uma grande fonte de exposição não ocupacional ao Cd respirável são os cigarros. Cada cigarro contém 1 a 2 µg de Cd e 10 % é inalado. Assim, fumar um ou mais maços por dia resulta na duplicação da dose diária absorvida de Cd.



Para saber mais sobre tabagismo, acesse: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/infantil/tabagismo.htm>

Quando a absorção é pelo estômago ou intestino o Cd vai para a corrente sanguínea (1 a 5 %). Quando a absorção se dá nos pulmões vai para a corrente sanguínea (30 a 50 %).

A toxicidade aguda surge após ingestão de concentrações altas de Cd, assim como após ingestão de alimentos ou bebidas contaminadas, inalação de fumos ou outros materiais aquecidos. Manifesta-se na forma de pneumonia química aguda ou edemas pulmonares.

A toxicidade crônica é devida a uma exposição prolongada de concentrações baixas de Cd. Pode resultar em doença crônica obstrutiva pulmonar, enfisemas, doenças crônicas renais, efeitos no sistema cardiovascular e ósseo.

2.6 Arsênio – As

2.6.1 Caracterização físico-química e utilização

O arsênio ou arsênico é um semi metal ou metaloide, bom condutor de calor e péssimo condutor elétrico. É insolúvel em água, porém muitos de seus compostos são solúveis. É um elemento químico essencial para a vida, ainda que tanto o arsênio como seus compostos sejam extremamente venenosos. É encontrado principalmente sob forma de sulfeto em uma grande variedade de minerais que contém ouro, cobre, chumbo, ferro, níquel, cobalto e outros metais.



Figura 2.4: Arsênio

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ars%C3%AAnio>

Como conservante de couro e madeira, seu uso representa, segundo algumas estimativas, cerca de 70 % do seu consumo mundial. O arsenieto de gálio é um importante semicondutor empregado em circuitos integrados, mais rápidos e caros que os de silício. Aditivo em ligas metálicas de chumbo e latão. Também é utilizado em inseticidas, herbicidas, como pigmento, em pirotécnica e descolorante na fabricação do vidro. Recentemente renovou-se o interesse principalmente pelo uso do trióxido de arsênio para o tratamento de pacientes com leucemia.

2.6.2 Intoxicação

A absorção pode dar-se essencialmente por 3 vias: oral (cerca e 95 % dos casos); inalação (25 a 40 % dos casos); dérmica (comprovada mas ainda não quantificada). A absorção está dependente da forma química e do tamanho das partículas sendo que as formas pentavalentes são melhor absorvidas através do intestino, enquanto as trivalentes são mais solúveis nas membranas lipídicas. A toxicidade resulta essencialmente da absorção dérmica, embora a inalação possa provocar sintomas severos de intoxicação, quando a exposição é crônica.

Inicialmente, o As localiza-se no sangue, ligado à globulina. Depois, é amplamente distribuído por todo o organismo, acumulando-se no fígado, rins e pulmões numa fase primordial e depositando-se nas unhas e cabelo, numa fase mais tardia. Pode ainda substituir o fósforo nos ossos e lá permanecer durante vários anos.

Apenas uma pequena parte do As consegue penetrar a barreira hematoencefálica, embora esteja comprovada a sua passagem através da placenta.

2.7 Cromo

2.7.1 Caracterização físico-química e utilização

O cromo é um metal de transição, duro, frágil, de coloração cinza semelhante ao aço, com forma cúbica cristalina, sem odor e muito resistente à corrosão. O cromo metálico não existe livre na natureza, mas somente na forma de seus compostos. Obtém-se o cromo a partir da cromita (FeCr_2O_4), principal minério de cromo, aquecendo-a em presença de alumínio ou silício (BOETCHER, 2008).



Figura 2.5: Cromo

Fonte: <http://www.quimlab.com.br/guiadoselementos/cromo.htm>

O cromo é um mineral essencial ao homem e também tóxico dependendo da forma como ele é encontrado, ou seja, sua forma de oxidação. As formas oxidadas encontradas são: cromo (0), cromo (III) e cromo (VI). O Cromo (III) é natural no meio ambiente, o cromo (VI) e cromo (0) são geralmente produzidos por processos industriais, principalmente, na fabricação de ligas metálicas.

O cromo metálico e ligas são encontrados em inúmeros ambientes de trabalho que sustentam atividades industriais, destacando-se: galvanoplastia, soldagens, produção de ligas ferro-cromo, curtimento de peles, produção de cromatos, dicromatos, pigmentos e vernizes.

Um dos usos mais importante do cromo é em metalurgia para aumentar a resistência à corrosão e dar um acabamento brilhante. Dessa forma, é amplamente utilizado para a produção de aços especiais e em processos de cromagem que consiste na eletrodeposição de uma capa protetora de cromo sobre uma peça. Para a produção de aços especiais, o cromo é adicionado sob a forma de liga com o ferro, conhecido como ferro-cromo (BOETCHER, 2008).

O aço inoxidável é constituído por uma liga contendo ferro, cromo e níquel. Um aço-cromo é tão duro que não pode ser trabalhado pelos aços endurecidos das ferramentas ordinárias, de modo que ele é à prova de perfuração. Usa-se na fabricação de caixas de segurança à prova de roubo, revestimento

dos pilões de trituradores, ligações dos trilhos de estrada de ferro, etc. O aço-cromo-vanádio é muito duro e resistente, sendo usado na fabricação de engrenagens, molas, eixos de transmissão, rodas de locomotivas, etc. Os aços ao cromo-níquel são usados na fabricação de chapas para blindagem, os aços ao cromo-tungstênio e ao cromo-molibdênio são usados para fabricar ferramentas que trabalham a grandes velocidades (BOETCHER, 2008).

Os cromatos e óxidos são empregados em corantes e pinturas. Em geral, seus sais são empregados, devido às suas cores variadas, como mordentes. O dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) é um reagente químico usado para a limpeza de materiais de vidro de laboratório e em análises volumétricas. É comum o uso do cromo e de alguns de seus óxidos como catalisadores, por exemplo, na síntese do amoníaco (NH_3). No curtimento de couros é comum empregar o denominado "curtido ao cromo", sendo este o produto de maior consumo no curtimento de couros e peles. Para preservar a madeira, costuma-se utilizar substâncias químicas que se fixam a ela, protegendo-a. Entre essas substâncias, aquela usada para proteger a madeira é o óxido de cromo (VI) (CrO_3).

2.7.2 Intoxicação

Os compostos de cromo produzem efeitos cutâneos, nasais, bronco-pulmonares, renais, gastrointestinais e carcinogênicos. Os cutâneos são caracterizados por irritação no dorso das mãos e dos dedos, podendo transformar-se em úlceras. As lesões nasais iniciam-se com um quadro irritativo inflamatório, supuração e formação crostosa. Em níveis bronco pulmonares e gastrointestinais produzem irritação bronquial, alteração da função respiratória e úlceras gastroduodenais (BOETCHER, 2008).

O cromo metálico e os compostos de cromo III não representam um risco importante para a saúde humana, já os compostos de cromo VI são tóxicos quando ingeridos, sendo a dose letal de alguns gramas. Em níveis não letais, o cromo VI é carcinogênico. A maioria dos compostos de cromo VI irritam os olhos, a pele e as mucosas. A exposição crônica a compostos de cromo VI pode provocar danos permanentes nos olhos.

As principais atividades que envolvem a contaminação por cromo são a mineração e a indústria. A extração de cromita é a fonte mais evidente e pode causar as concentrações mais altas de cromo no ambiente. As indústrias que representam maior risco pela presença de cromo são: indústria de cimento, corantes, construção, curtimento, pinturas (anticorrosivos) e material fotográfico (BOETCHER, 2008).



A principal via de absorção de compostos de cromo é pulmonar. Dessa forma, os vapores, névoas, fumos e poeiras no estado metálico, hexavalente e trivalentes, são sugados com uma velocidade equivalente ao diâmetro aerodinâmico da partícula, da solubilidade das membranas celulares e do número de oxidação do cromo no composto, além da atividade dos macrófagos alveolares.

A absorção de cromo VI e cromo III também pode acontecer através da pele humana. A velocidade de absorção depende das propriedades físico-químicas do composto, do veículo e da integridade da pele. Uma vez absorvido, o cromo é levado pelo sangue aos vários órgãos e tecidos do corpo humano, concentrando-se especialmente no fígado, rins, baço e pulmão.

Dessa maneira, a toxicidade do cromo depende do seu estado de oxidação, com maior toxicidade do cromo VI em relação ao cromo III. Acredita-se que um dos fatores que contribui para a elevada toxicidade do cromo VI é a facilidade em penetrar nas células em comparação com o cromo III. O cromo hexavalente é reduzido na célula com produção de cromo pentavalente, muito reativo, e trivalente (BOETCHER, 2008).

2.8 Níquel

2.8.1 Caracterização físico-química e utilização

É um metal de transição de coloração branco-prateada, condutor de eletricidade e calor, dúctil e maleável, porém não pode ser laminado, polido ou forjado facilmente, apresentando certo caráter ferromagnético. É encontrado em diversos minerais, em meteoritos (formando liga metálica com o ferro) e, em princípio, existe níquel no núcleo da Terra. É resistente a corrosão, e só pode ser utilizado como revestimento por eletrodeposição. O metal e algumas de suas ligas metálicas são utilizados para manejar o flúor e alguns fluoretos porque reage com dificuldade com essas substâncias.

O níquel é usado sob sua forma pura para a produção de protetores de peças metálicas, devido à sua alta resistência à oxidação. É aplicado principalmente em ligas ferrosas e não ferrosas para consumo no setor industrial, em material bélico, em moedas, na área de transporte, nas aeronaves, na área de construção civil, aços inoxidáveis, ou ainda na produção do ímã artificial. O sulfato de níquel é adequado para galvanoplastia, banhos de sais de níquel nos quais se obtém a niquelagem, processo que permite um acabamento refinado e protetor de diversas peças de metal.



Figura 2.6: Níquel

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADquel>

A maioria do níquel extraído é utilizado na siderurgia (cerca de 70 %), enquanto que o restante é empregado na composição de ligas não ferrosas e na galvanoplastia.

2.8.2 Intoxicação

Do ponto de vista toxicológico, a inalação no local de trabalho, seguida do contato cutâneo, constituem as vias mais importantes de exposição ao níquel. A deposição, absorção e retenção das partículas de níquel no trato respiratório seguem os princípios da dinâmica pulmonar. Assim, fatores como o tamanho aerodinâmico da partícula e o grau de ventilação irão direcionar a deposição e retenção das partículas de níquel ao nível do trato nasofaríngeo, traqueobronquial ou pulmonar.



Fatores fisiológicos como a idade e estado de saúde, poderão também influenciar o processo. Os compostos mais solúveis são mais rapidamente absorvidos do pulmão para a corrente sanguínea e excretados na urina. Sais de níquel, como sulfatos, são rapidamente absorvidos e excretados na urina com tempos de semivida de horas a alguns dias. Por sua vez, os compostos insolúveis, como por exemplo, óxidos de níquel são absorvidos lentamente, dos pulmões para a corrente sanguínea, resultando numa acumulação em nível pulmonar.

2.9 Manganês – Mn

2.9.1 Caracterização físico-química e utilização

O manganês, Mn, é um metal de transição, de coloração cinza clara, quebradiço, com alto grau de dureza. À temperatura ambiente o elemento puro encontra-se no estado sólido. Quimicamente ativo, é corrosível pelo ar úmido e por várias

soluções. Apresenta boa solubilidade em ácidos inorgânicos diluídos. Como metal, o manganês é similar ao ferro nas suas propriedades físico-químicas. Porém, no ambiente, o manganês aparece não como um metal, mas como um componente de uma grande variedade de minerais, incluindo óxidos, carbonatos, fosfatos e silicatos.



Figura 2.7: Manganês

Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Mangan%C3%AAs>

O manganês é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre e encontra-se largamente distribuído em solos, sedimentos, rochas, água e materiais biológicos. É importante para o crescimento das plantas e em funções vitais dos animais superiores. O manganês também apresenta aplicações industriais relevantes.

Dentre o grande número de compostos de manganês, destacam-se os sais manganatos e permanganatos. O permanganato de potássio é muito usado pelas suas propriedades oxidantes e desinfetantes. Mais de 95 % do manganês utilizado industrialmente é consumido na indústria metalúrgica, sobretudo na redução do aço. Outros usos desse metal incluem mineração, produção e uso de fertilizantes (sulfato), fungicidas, secantes em tintas e vernizes (naftenato e resinato), fabricação de pilhas secas (dióxido de manganês), na produção de vidros, cerâmica e produtos farmacêuticos.



O manganês é um elemento que ocorre naturalmente e em pequenas quantidades, é essencial para o ser humano. Quando presente no organismo, em elevadas quantidades, pode causar efeitos tóxicos em diferentes níveis, principalmente no sistema nervoso central.

2.9.2 Intoxicação

As exposições ocupacionais mais significativas ocorrem pelos fumos e poeiras do Mn. Nas exposições ocupacionais, a principal via de introdução e absorção de manganês é o trato respiratório. No sangue sua concentração é cerca de 20 a 25 vezes superior à plasmática. Encontra-se em níveis mais elevados, no fígado, conjugado aos sais biliares.

Também são encontrados níveis relativamente elevados nos pulmões, rins, glândulas endócrinas (tireoide, pituitária, suprarrenais), intestino delgado e testículos. O manganês atravessa a barreira hematoencefálica. Os ossos e o cérebro são sítios de eliminação mais lenta. A principal via de eliminação é a biliar, e, ela parece ser o principal mecanismo regulador dos níveis de manganês nos tecidos.

Resumo

Nessa aula, aprendemos sobre os metais pesados e sua capacidade de produzir danos à saúde. Conhecemos a utilização dos principais metais e suas características toxicológicas.

Atividades de aprendizagem

1. O que são metais pesados?
2. Qual sua principal característica do ponto de vista toxicológico?
3. Pesquise uma situação ocupacional de exposição ao chumbo.
4. Quais são os principais efeitos toxicológicos do chumbo?
5. Qual a principal via de absorção do mercúrio?
6. Pesquise uma situação ocupacional de exposição ao mercúrio.
7. O arsênico é utilizado na agricultura? Em que?
8. Qual a principal via de absorção do arsênico?
9. Qual o uso mais importante do cromo?



10. Quais as formas do cromo que não representam um risco importante à saúde?
11. Qual o processo em que o níquel é mais utilizado?
12. Qual a principal via de absorção do manganês?

Aula 3 – Toxicologia dos hidrocarbonetos

Objetivos

Reconhecer os hidrocarbonetos e sua classificação.

Identificar os principais hidrocarbonetos e sua utilização.

Compreender os efeitos toxicológicos dos hidrocarbonetos.

3.1 Considerações iniciais

Os hidrocarbonetos são compostos constituídos exclusivamente por carbono e hidrogênio. É o grupo de compostos orgânicos mais extenso e divide-se em duas classes principais: hidrocarbonetos alifáticos e hidrocarbonetos aromáticos.

3.2 Classificação dos hidrocarbonetos

Os hidrocarbonetos aromáticos contêm um ou mais anéis benzênicos, enquanto que os hidrocarbonetos alifáticos não contêm o grupo benzeno ou anel benzênico. Os hidrocarbonetos alifáticos podem ainda subdividir-se em classes menores, como mostra a Figura 3.1.



Figura 3.1: Classificação dos hidrocarbonetos

Fonte: CTISM

Com relação à diversidade de hidrocarbonetos e às ligações entre os átomos de carbono, podem ser classificados em saturados e insaturados.

- **Hidrocarbonetos saturados** – os átomos de carbono estão ligados entre si por ligações covalentes simples e, conseqüentemente cada átomo de carbono faz as quatro ligações que lhe são permitidas. Esses hidrocarbonetos, também são conhecidos por alcanos, e entram na constituição do petróleo e do gás natural. Os alcanos presentes no petróleo compreendem parafinas de cadeia linear e de cadeia ramificada e cicloalcanos. Os alcanos são separados do petróleo por destilação fracionada. O alcano mais simples é constituído por apenas um átomo de carbono e denomina-se metano (CH_4), que é o constituinte principal do gás natural.
- **Hidrocarbonetos insaturados** – são aqueles cuja cadeia de átomos de carbono possui pelo menos uma ligação dupla ou tripla. Se a cadeia possui ligações duplas são designados por alcenos e se possui ligações triplas por alcinos. O alceno mais simples é constituído por dois átomos de carbono e denominado de eteno ou etileno (C_2H_4). O alcino mais simples é constituído por dois átomos de carbono e denominado por etino ou acetileno (C_2H_2). Alcenos e alcinos são muito reativos e a combustão e hidrogenação são reações características desses compostos.



Os hidrocarbonetos de baixo peso molecular são gases. À medida que aumenta o número de átomos de carbono, passam a líquidos cada vez mais viscosos, até chegar aos hidrocarbonetos sólidos.

No caso dos hidrocarbonetos cíclicos a estrutura da molécula é fechada. O nome é obtido juntando o prefixo ciclo ao nome da molécula de cadeia aberta correspondente (butano – ciclobutano; propano – ciclopropano).

Os hidrocarbonetos aromáticos são baseados na molécula de benzeno C_6H_6 , e têm cheiros característicos.

3.3 Benzeno

3.3.1 Características e utilização

Benzeno é um hidrocarboneto aromático encontrado no estado líquido incolor, lipossolúvel, volátil, inflamável, de odor característico, perceptível a concentrações de 12 ppm.

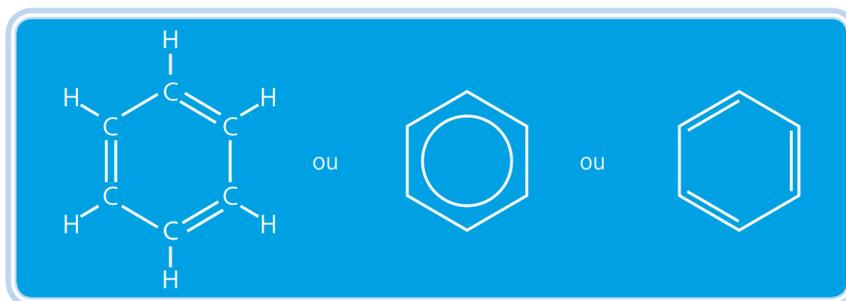


Figura 3.2: Benzeno

Fonte: CTISM

O benzeno está presente no petróleo, no carvão e em condensados de gás natural.

Os setores que têm um número maior de trabalhadores expostos são: setores domésticos; produção e refino de gás e petróleo; indústria básica de ferro e aço; manufatura de produtos plásticos e borracha; manufatura de produtos químicos; transportes; institutos de pesquisa, entre outros.

A exposição ambiental e ocupacional ao benzeno tem sido objeto de controle no âmbito mundial, dada a sua característica de contaminante universal e seus potenciais efeitos à saúde. É considerada a quinta substância de maior risco, segundo os critérios do Programa das Nações Unidas de Segurança Química.

Estudos realizados sobre animais e as evidências epidemiológicas levaram a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) e a *National Institute for Occupational Safety and Health* (Agência Norte-americana) a incluir o benzeno nas listas de compostos carcinogênicos. Foram estabelecidas relações causais entre vários tipos de leucemia, linfoma de Hodgkin e a exposição ao benzeno (SILVA; MARTINS, 2004).



As legislações específicas sobre o benzeno no Brasil são a Portaria nº 14/95, a Instrução Normativa nº 1/95 que dispõe sobre “Avaliação das concentrações de benzeno em ambientes de trabalho” e a Instrução Normativa nº 2/95 que dispõe sobre a “Vigilância da saúde dos trabalhadores na prevenção da exposição ocupacional ao benzeno – PPEOB”.

Nesse contexto a NR 15, anexo 13-A dispõe sobre a proibição do uso do benzeno a partir de janeiro de 1997, para qualquer emprego, exceto nas indústrias e laboratórios que o produzem, o utilizem em síntese química, o empreguem em combustíveis derivados de petróleo, em análises ou investigações realizadas em laboratórios, quando não for possível sua substituição.

Todas as empresas que produzem, transportam, armazenam, utilizam ou manipulam benzeno e suas misturas líquidas contendo 1 % (um por cento) ou mais de volume e aquelas por elas contratadas devem elaborar o PPEOB. É criado um novo parâmetro para a avaliação da concentração ambiental VRT-MPT que diferentemente do tradicional limite de tolerância, não exclui risco à saúde.

O VRT-MPT corresponde à concentração média de benzeno no ar ponderada pelo tempo, para uma jornada de trabalho de 8 horas, obtida na zona de respiração dos trabalhadores, individualmente ou de Grupos Homogêneos de Exposição – GHE, conforme definido na Instrução Normativa nº 01. Os valores estabelecidos para os VRT-MPT são de 2,5 ppm para as indústrias siderúrgicas e de 1,0 ppm para as indústrias de petróleo, química e petroquímica.

3.3.2 Intoxicação

Na exposição ocupacional ao benzeno a principal via de absorção é a via respiratória. Em alguns locais de trabalho, a absorção cutânea de benzeno pode contribuir significativamente para a dose de exposição. Na exposição por via respiratória há retenção de 46 % do benzeno aspirado. Uma vez absorvido, quase instantaneamente é eliminado em 50 % pelos pulmões. O benzeno que continua no corpo difunde-se por diversos tecidos.

A exposição ao benzeno pode causar intoxicação aguda e crônica. O benzeno é um agente mielotóxico regular, leucemogênico e cancerígeno até mesmo em doses inferiores a 1 ppm. O quadro clínico de toxicidade ao benzeno pode se caracterizar pelo comprometimento da medula óssea, sendo a causa básica de diversas alterações hematológicas (BRASIL, 2006b).

Na intoxicação aguda, grande parte é retida no sistema nervoso central, enquanto que na intoxicação crônica conserva-se na medula óssea (40 %), no fígado (43 %) e nos tecidos adiposos (10 %). Após sua absorção, parte do benzeno distribuído pelo organismo é metabolizado no fígado e cerca de 30 % é transformado em fenol e outros derivados que são eliminados pela urina nas primeiras horas até 24 horas após cessada a exposição (SOUZA; PAULA, 2011).



Assista a um vídeo sobre o benzeno em:
<http://www.youtube.com/watch?v=fmqySBSqzi4&list=PLJ3JTcYhjoB3CCZ2r-tyx-jX-NjuG9Pb&index=1>

Os efeitos agudos do benzeno são irritação moderada das mucosas. A aspiração em altas concentrações pode provocar edema pulmonar. Os vapores são, também, irritantes para as mucosas oculares e respiratórias (BRASIL, 2003).

A absorção do benzeno provoca efeitos tóxicos para o sistema nervoso central, causando de acordo com a quantidade absorvida, narcose e excitação seguida de sonolência, tonturas, cefaleia, náuseas, taquicardia, dificuldade respiratória, tremores, convulsões, perda da consciência e morte (BRASIL, 2003).

A exposição por um longo período ao benzeno provoca diversos efeitos no organismo humano, destacando-se entre eles a mielotoxicidade, a genotoxicidade e a sua ação carcinogênica. São conhecidos, ainda, efeitos sobre diversos órgãos como sistema nervoso central, sistemas endócrino e imunológico. No entanto, não existem sinais ou sintomas típicos da intoxicação crônica pelo benzeno. As manifestações neurológicas são leves e bem admitidas. Pode ocorrer, também, toxicidade hepática e renal, mas os efeitos sobre os tecidos sanguíneos são os mais importantes (SOUZA; PAULA, 2011).

Existe ainda, uma relação causal evidenciada entre a exposição ao benzeno e a ocorrência de leucemia, especialmente a leucemia mielóide aguda e suas variantes, entre elas a eritroleucemia e a leucemia mielomonocítica. Além de leucemogênica, a toxicidade do benzeno está também associada à ocorrência de outras formas de patologias onco-hematológicas, como linfomas não Hodgkin, mieloma múltiplo e mielofibrose, embora em menor frequência (SOUZA; PAULA, 2011).

3.4 Tolueno

3.4.1 Características e utilização

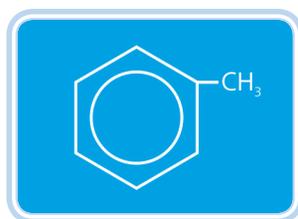


Figura 3.3: Tolueno

Fonte: CTISM

Também conhecido como tolueno, metilbenzeno, fenilmetano, toluol, metilbenzol. O tolueno é um líquido incolor, com um odor aromático característico, não corrosivo, inflamável, insolúvel em água, mas solúvel em muitos solventes orgânicos (BRASIL, 2010).

É derivado do alcatrão, do carvão e do petróleo. Pode ser encontrado na gasolina e em muitos outros solventes de petróleo. É utilizado na produção de

trinitrotolueno (TNT), tolueno diisocianato e benzeno; como um ingrediente para corantes, drogas e detergentes e como um solvente industrial para borrachas, tintas, revestimentos e óleos. O maior uso do tolueno é como uma mistura adicionada à gasolina (BRASIL, 2010).

O tolueno também é utilizado na produção de polímeros de uso comum como o *nylon*, plásticos e garrafas, poliuretanos, produtos farmacêuticos, tinturas, esmaltes de unhas e sínteses de químicos orgânicos. Está presente também na fumaça do cigarro (BRASIL, 2010).



A exposição ao tolueno acontece por meio da inspiração do ar contaminado durante o processo de trabalho ou dos gases dos motores de combustão dos veículos. Também há exposição para as pessoas que trabalham com gasolina, querosene, óleo aquecido e tintas ou que consomem água contaminada ou ainda, que residem próximo a locais contaminados com tolueno.

3.4.2 Intoxicação

A toxicidade aguda do tolueno é semelhante à do benzeno. As vias de exposição são inalação, ingestão e contato com a pele. Os órgãos afetados por essa exposição são o sistema nervoso central, fígado, rins e pele. É narcótico em altas concentrações (BRASIL, 2010).

A exposição aguda ao tolueno decorrente da inalação pode causar fadiga, sonolência, dores de cabeça, náusea, confusão, falta de apetite. Esses sintomas geralmente desaparecem quando a exposição é interrompida. A inalação em níveis elevados em períodos curtos pode causar tonteira ou sonolência. Pode também causar perda da consciência e mesmo a morte. Níveis elevados podem também afetar os rins (BRASIL, 2010).

A ocorrência de depressão do sistema nervoso central em decorrência da exposição crônica tem sido descrita. Os sintomas incluem sonolência, tremores, atrofia cerebral, movimentos involuntários dos olhos, distúrbios da fala, da audição e visão. Distúrbios comportamentais têm sido observados em trabalhadores ocupacionalmente expostos. Tem sido observados também, casos de irritação do trato respiratório superior, olhos, garganta, tonteira, dor de cabeça e insônia (BRASIL, 2010).

3.5 Xileno

3.5.1 Características e utilização

O xileno é um hidrocarboneto aromático mononuclear (composto por um único anel aromático) também chamado de alquilbenzeno. É um líquido incolor, de odor doce, facilmente inflamável. Encontra-se naturalmente no petróleo, no carvão e é também produzido durante as queimadas. Existem três tipos de xileno: os **isômeros** orto, meta e para.

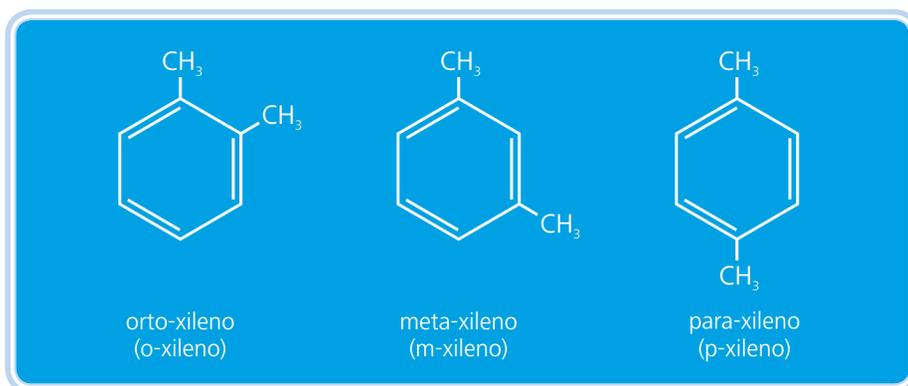


Figura 3.4: Isômeros do xileno

Fonte: CTISM

O xileno comercializado consiste em 20 % de o-xileno, 44 % de m-xileno e 20 % de p-xileno e cerca de 15 % de etilbenzeno. As indústrias químicas produzem o xileno a partir do petróleo. É utilizado como solvente na indústria de tintas, vernizes, revestimentos, borrachas e couros. É também utilizado como produto de limpeza. Pode ser encontrado em pequena quantidade nos combustíveis utilizados em aviões e na gasolina. Os isômeros do xileno são usados na fabricação de corantes, drogas, pesticidas e muitos intermediários orgânicos (BRASIL, 2010).

O xileno evapora rapidamente para o ar quando descartado no solo ou na superfície da água. As pessoas podem ser expostas ao xileno através do ar do local onde trabalha ou através do exaustor do carro; inspirando o ar contaminado; manipulando gasolina, tintas, removedores, vernizes e líquidos que previnem a ferrugem que contém xileno; tomando água contaminada ou inspirando o ar próximo aos locais de descarte ou solo contaminado com xileno. A quantidade de xileno nos alimentos é pequena (BRASIL, 2010).

3.5.2 Características e utilização

A principal via de absorção do xileno é a inalação. Outra via importante é o contato do líquido na pele. Porém, apenas pequenas quantidades de xilenos não são excretadas ou metabolizadas, podendo permanecer no tecido adiposo. As exposições repetidas podem causar acúmulo no sangue (BRASIL, 2010).

A-Z

isômeros

São compostos em que ocorre a isomeria: fenômeno caracterizado pela ocorrência de duas ou mais substâncias diferentes que possuem a mesma fórmula molecular, mas fórmulas estruturais diferentes.



As propriedades tóxicas dos isômeros do xileno são semelhantes às do tolueno e do etilbenzeno. Os órgãos-alvo são o sistema nervoso central, olhos, trato gastrointestinal, rins, fígado, sangue e pele. Níveis elevados de exposição por curtos períodos (14 dias ou menos) ou longos períodos (mais de 12 meses) podem causar dores de cabeça, falta de coordenação motora, tonteira, confusão e mudanças no senso de equilíbrio (BRASIL, 2010).

A exposição a elevados níveis de xileno em períodos curtos pode também causar irritação na pele, olhos, nariz e garganta; dificuldade de respirar; problemas pulmonares; retardamento; dificuldades de memória; desconforto estomacal e possibilidade de alterações no funcionamento do fígado e rins. Em níveis elevados pode causar perda da consciência e até mesmo a morte (BRASIL, 2010).

3.6 Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

3.6.1 Caracterização físico-química e utilização

Os Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAPs) constituem uma família de compostos caracterizada por possuírem 2 ou mais anéis aromáticos condensados. Essas substâncias, bem como os seus derivados nitrados e oxigenados, têm ampla distribuição e são encontrados como constituintes de misturas complexas. São poluentes orgânicos de grande persistência ambiental, e muitos deles são capazes de reagir, após transformações metabólicas com o DNA, tornando-se carcinogênicos e potenciais mutagênicos (FERREIRA; MENDES; CRUZ, 2008).

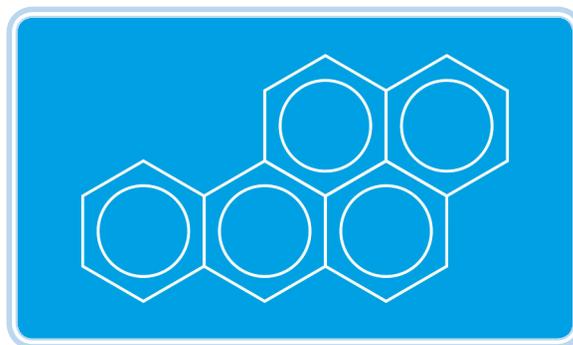


Figura 3.5: Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos

Fonte: CTISM



O HAP mais estudado é o benzopireno e seus derivados que são formados pela combustão incompleta de material orgânico. Os HAPs e seus derivados estão associados ao aumento da incidência de diversos tipos de câncer.

As propriedades físico-químicas dos HAPs são determinadas por seus sistemas de duplas ligações conjugadas, que variam com o número de anéis e com as suas massas moleculares. A complexidade e composição das misturas depende das suas fontes emissoras. Em geral são complexas e apresentam uma grande variedade de HAPs em diferentes níveis de concentração (FERREIRA; MENDES; CRUZ, 2008).

As propriedades físico-químicas são importantes para o comportamento ambiental e biológico desses compostos. Os HAPs são pouco solúveis na água e sua solubilidade diminui com o aumento do número de anéis. Apresentam também grande afinidade lipofílica, que aumenta com o número de anéis aromáticos da molécula (FERREIRA; MENDES; CRUZ, 2008).

Por outro lado, a volatilidade desses compostos diminui com o aumento do peso molecular e, conseqüentemente, HAPs de pesos moleculares mais baixos são mais voláteis e apresentam maiores pressões de vapor que os mais pesados. Como consequência, na atmosfera, essas substâncias podem ser encontradas tanto na fase gasosa quanto adsorvidas no material particulado. A concentração de cada componente em ambas as fases é função de sua volatilidade e de sua afinidade pelas superfícies das partículas atmosféricas. No solo, encontram-se geralmente adsorvidos e retidos nas camadas superiores (FERREIRA; MENDES; CRUZ, 2008).

No organismo, os tempos de semivida dos compostos de maior peso molecular são relativamente mais elevados e indicam que sua degradação é mais lenta. As reações de oxidação e redução desses compostos diminuem com o aumento do peso molecular.

A fonte predominante dos HAPs é a combustão incompleta da matéria orgânica. São emitidos por fontes naturais e **antropogênicas**. A contribuição das fontes naturais é muito limitada restringindo-se, praticamente, à queima espontânea de florestas e emissões vulcânicas. As fontes antropogênicas representam o principal processo de produção de HAPs e são pirólise de madeira para produção de carvão; operações de transporte e refinação do petróleo; incineração de resíduos domésticos e industriais; queimas de matéria orgânica de campos e florestas; geração de energia via queima de combustíveis fósseis; pirólise de querosene para a formação de benzeno, tolueno e outros solventes orgânicos; emissão de motores de veículos (particularmente a diesel); fumo do tabaco; incêndios (FERREIRA; MENDES; CRUZ, 2008).

A-Z

fontes antropogênicas

São aquelas derivadas de atividades humanas, em oposição aquelas que ocorrem em ambientes naturais sem influência humana. O termo é muitas vezes utilizado no contexto de externalidades ambientais na forma de resíduos químicos ou biológicos que são produzidos como subprodutos de atividades humanas.

A queima de combustíveis como petróleo e seus derivados, carvão, madeira, gás de carvão e outros produz HAPs e muitos outros poluentes atmosféricos. A quantidade e os tipos formados dependem das condições específicas do processo e do tipo de combustível, sendo que processos mais eficientes emitem menores quantidades.

Os HAPs antropogênicos, podem ainda ser divididos em fontes de emissão móveis ou estacionárias. Entre as fontes móveis, destaca-se o motor de combustão interno como o principal emissor dessas substâncias para o ambiente. Esse tipo de motor é o mais comum em veículos de transporte de cargas e passageiros. Em áreas urbanas essa é a principal fonte de emissão de HAPs para a atmosfera. As fontes estacionárias são subdivididas entre as utilizadas na geração de energia elétrica e calor e aquelas ligadas à atividade industrial (produção de alumínio) e de incineração, podendo emitir uma grande variedade de produtos de combustão incompleta.

As emissão dos veículos motores têm grande importância devido à complexidade e quantidade, cada vez maior, de material que é lançado na atmosfera. O material particulado emitido por veículos a diesel é constituído principalmente de carbono elementar que atua como superfície de condensação de HAPs e de outros compostos aromáticos (FERREIRA; MENDES; CRUZ, 2008).

3.6.2 Intoxicação

Os HAPs são compostos altamente lipofílicos, por isso, são rapidamente absorvidos por todas as vias de exposição (inalação, exposição oral e dérmica). A quantidade absorvida por inalação varia de acordo com o grau de contaminação atmosférica, que está diretamente relacionado com a urbanização, o tráfego de veículos e com o tipo de industrialização da área. Em ambientes fechados, o fumo de cigarro e as fontes de aquecimento podem contribuir para o aumento dos níveis ambientais. Absorção de HAPs inalados ocorre principalmente através da parede interior dos brônquios e em menor quantidade através dos alvéolos pulmonares.

A absorção dérmica é bastante importante em algumas atividades industriais, podendo ser a responsável por até 90 % da quantidade absorvida pelo organismo. A absorção percutânea dá-se por difusão passiva, mas a extensão de absorção é variável entre os compostos e pode ser afetada pelo veículo usado para administração.

Os alimentos são considerados outra importante fonte de exposição humana, tanto devido à formação de HAPs durante o cozimento, quanto devido à deposição atmosférica sobre grãos, vegetais e frutas. Os HAPs quando ingeridos são captados por compostos lipofílicos. A absorção gastrointestinal é rápida e aumenta com a lipofilia ou na presença de óleos no trato gastrointestinal. A solubilidade dos HAPs e a presença de bile também influencia a absorção.

Desse modo, a absorção de HAPs após inalação, exposição oral ou dérmica pode ser afetada pelo veículo de administração. A absorção pulmonar do benzopireno pode ser influenciada por partículas transportadoras e pela solubilidade do veículo. A sua absorção por ingestão é baixa.

Os HAPs distribuem-se em quase todos os tecidos. O tecido mamário e outros tecidos gordos são depósitos de armazenagem importantes, mas, devido ao rápido metabolismo não há acumulação significativa. O armazenamento ocorre principalmente nos rins, fígado e tecido adiposo, com pequenas quantidades no baço, glândulas adrenais e ovários. O trato gastrointestinal contém níveis relativamente elevados de metabolitos, independentemente da via de administração, como resultado da excreção hepatobiliar.

Distribuem-se amplamente nos tecidos maternos e são detectados no feto demonstrando que eles atravessam a placenta. No entanto, a transferência placentária é limitada e, desse modo, os níveis fetais não são tão elevados como na mãe. Estão presentes no cordão umbilical e leite materno. Níveis detectáveis de benzopireno podem ser observados na maioria dos órgãos internos desde minutos a horas após a exposição. Níveis mais elevados são encontrados no fígado.

A lipofília dos HAPs torna-os capazes de penetrar as membranas celulares e de permanecerem indefinidamente no organismo. No entanto, o metabolismo dos HAPs torna-os mais hidrossolúveis e assim mais rapidamente excretáveis. O metabolismo dos HAPs é complexo, pois são convertidos em todos os tecidos do corpo que contém gordura.

Quando absorvidos diretamente da fase gasosa, os HAPs são rapidamente metabolizados e eliminados pelo organismo. Por exemplo, o benzopireno, é eliminado em cerca de 1 hora. HAPs não têm tempo de semivida longo. Entretanto, quando estão associados a partículas respiráveis, a eliminação é bem mais demorada podendo levar semanas. Devido ao rápido metabolismo nos tecidos corpóreos, a bioacumulação não é observada, mesmo nos tecidos ricos em gorduras.

As maiores rotas de eliminação dessas substâncias após metabolismo hepático são predominantemente as fezes e em níveis muito baixos, a urina. Após ingestão de dietas contendo benzopireno, em níveis muito baixos, o metabolito é detectado na urina. Conjugados excretados na bile podem ser hidrolisados por enzimas presentes na flora intestinal e reabsorvidos. Pode ser inferido de dados disponíveis que os HAPs não persistem no organismo por um longo período de tempo. Depois da excreção hepatobiliar a eliminação nas fezes é a maior via de remoção do benzopireno do organismo, independentemente da via de administração. A urina é outra via de excreção, mas tem menor importância que a bile (FERREIRA, MENDES, CRUZ, 2008).

Resumo

Estudamos os hidrocarbonetos aromáticos conhecidos por BTX (Benzeno, Tolueno e Xileno) e os HAPs (Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos). Aprendemos sobre sua utilização e fontes de exposição ocupacional. Compreendemos seus importantes efeitos tóxicos.



Atividades de aprendizagem

1. Qual a relação entre o número de carbonos e o estado físico dos hidrocarbonetos?
2. Existe legislação específica sobre o benzeno no Brasil? Cite.
3. O que é VRT-MPT e quais os limites estabelecidos?
4. Qual a principal via de absorção do benzeno?
5. Qual o maior uso do tolueno?
6. Quais são os isômeros do xileno?
7. Qual a principal via de absorção do xileno?
8. O que são HAPs?
9. Qual o HAP mais estudado e por quê?
10. Qual a principal fonte de emissão dos HAPs?

Aula 4 – Toxicologia dos solventes

Objetivos

Aprender sobre a utilização dos solventes.

Identificar as principais classes e propriedades dos solventes e sua relação com a intoxicação.

Reconhecer os solventes halogenados.

4.1 Caracterização e utilização dos solventes industriais

Solvente é uma substância química ou uma mistura líquida de substâncias químicas capazes de dissolver outro material de utilização industrial. Geralmente o termo “solvente” se refere a um composto de natureza orgânica. Apesar da diversidade de composições químicas, os solventes têm propriedades comuns: são compostos líquidos lipossolúveis, normalmente são voláteis, são muito inflamáveis e produzem importantes efeitos tóxicos.



A maioria das indústrias empregam solventes em algum de seus processos de fabricação. Fundamentalmente, são utilizados como veículos para aplicar determinados produtos, tais como pintura, vernizes, lacas, tintas, adesivos, como também, em processos de eliminação, tais como desengraxantes e agentes de extração. A indústria química emprega solventes para realizar determinados processos e reações entre substâncias previamente dissolvidas ou suspensas no seu interior. Algumas vezes são usados como reativos de partida ou como compostos intermediários de sínteses químicas. A seguir serão apresentados alguns exemplos sobre a utilização de solventes na indústria:

Indústria alimentícia – para extração de azeites e graxas como o ciclo hexano e o sulfeto de carbono.

Indústria siderúrgica – limpeza e desengraxamento de peças com tricloroetileno e cloreto de metileno. Refrigeração em processos de corte, com hidrocarbonetos alifáticos.

Indústria de calçados – como solventes de colas e pegas em mistura de hexano.

Indústria de plásticos e borracha – como solventes de matérias-primas e de transformação, por exemplo dimetilformamida, clorofórmio, acetona.

Indústria de madeira – como solventes de lacas e vernizes, por exemplo terebintina e tolueno.

Indústria cosmética – como dispersantes de álcool etílico, álcool isopropílico e clorofórmio.

Indústria farmacêutica – em síntese de fórmulas.

Indústria de tintas – como diluentes para tolueno, acetatos e cetonas.

Limpeza a seco – como solventes de substâncias orgânicas, por exemplo tetracloretileno.

Os solventes usados na indústria podem ser arranjados em grupos de acordo com o sistema de classificação química. As propriedades toxicológicas tendem a ser similares dentro de um mesmo grupo, a exemplo da toxicidade hepática provocada por todos os clorados. A estrutura básica é composta de alifáticos, alicíclicos e aromáticos, e os grupos funcionais incluem os halogêneos, álcoois, cetonas, glicóis, éteres, ésteres, ácidos carboxílicos, aminas e amidas (RIBEIRO, 2010). Assim, doze grupos podem ser classificados:

- a) Hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos.
- b) Hidrocarbonetos halogenados.
- c) Aldeídos.
- d) Álcoois.
- e) Éteres.
- f) Ésteres.
- g) Derivados glicóis.
- h) Cetonas.

- i) Fenóis.
- j) Ácidos.
- k) Aminas.
- l) Miscelâneas.

4.2 Propriedades físico-químicas

4.2.1 Solubilidade

A lipossolubilidade ou solubilidade em lipídios é uma importante característica da eficiência de uma substância como solvente químico e a principal causa que determina os efeitos tóxicos e sistêmicos na saúde humana. A propriedade de um solvente agir como anestésico geral e sua ação desengordurante é diretamente proporcional a sua solubilidade lipídica.

Entretanto, a absorção cutânea é diretamente ligada a sua solubilidade lipídica e aquosa, visto que a pele tem um conteúdo aquoso-lipídico que funciona como uma barreira protetora. Em face disso, solventes como o dimetilsulfoxido, a dimetilformamida e os éteres glicóis, são altamente solúveis e absorvidos por via dérmica. De maneira geral, os solventes orgânicos são lipossolúveis, mas a solubilidade difere significativamente dependendo do solvente (RIBEIRO, 2010).

4.2.2 Inflamabilidade e explosividade

Propriedade que tem uma substância de iniciar uma combustão ou ignição, respectivamente. Alguns solventes orgânicos são inflamáveis bastante para serem usados como combustíveis, enquanto outros são usados como extintores, a exemplo dos halogenados.

A inflamabilidade é definida em função do ponto de fulgor que é a temperatura acima da qual um líquido inflamável deve estar para que possa pegar fogo. A combustão de líquidos inflamáveis ocorre sobre a superfície líquida, onde há a mistura de vapores e oxigênio do ar. O próprio líquido não incendeia, assim, há necessidade de certa evaporação para que o combustível líquido fique inflamável. Os pontos de fulgor são estabelecidos em laboratório com metodologias normatizadas. Quanto mais baixo o ponto de fulgor, mais inflamável é a substância. Solventes muito voláteis têm, em geral, pontos de fulgor em temperaturas abaixo de 0°C. Também são estabelecidos pontos de fulgor para misturas (como gasolina, por exemplo), mas, nesse caso, há uma faixa de temperatura (BUSCHINELLI; KATO, 2011).

Uma explosão pode ocorrer quando um gás ou um vapor está misturado em uma determinada proporção (em volume) com o oxigênio do ar atmosférico e é atingida por uma fonte de ignição (fagulha). Se a mistura estiver abaixo ou acima da faixa de explosividade, não há ocorrência de explosão. Quanto mais ampla a faixa, maior é o risco de explosão do produto (BUSCHINELLI; KATO, 2011).

4.2.3 Volatilidade

A volatilidade é importante para a exposição ocupacional a substâncias líquidas: quanto maior a volatilidade, maior é a exposição do trabalhador ao vapor do produto na atmosfera do ambiente de trabalho, independentemente do contato direto com o líquido. Mesmo a substância que não é absorvida com facilidade pela pele pode ter mais predisposição a penetrar no organismo pelo sistema respiratório (BUSCHINELLI; KATO, 2011).

A volatilidade pode ser avaliada através da temperatura de ebulição e de sua pressão de vapor. As duas variáveis estão relacionadas, pois, em geral, quanto mais baixa a temperatura de ebulição, maior é a pressão de vapor a uma dada temperatura.

A pressão de vapor exercida por um líquido na superfície depende da temperatura em que o líquido se encontra e, quanto maior a temperatura, maior é a pressão de vapor. Quando a pressão de vapor do líquido se iguala à pressão atmosférica (760 mmHg ao nível do mar), a substância entra em ebulição. A pressão de vapor é estabelecida normalmente para as temperaturas de 20°C ou 25°C, que são as consideradas ambiente, e quanto maior é a pressão de vapor nessas temperaturas, maior é a tendência à evaporação da substância e, portanto, maiores são as concentrações na atmosfera do ambiente de trabalho (BUSCHINELLI; KATO, 2011).

Dessa forma, quanto maior a temperatura de ebulição, menor é a pressão de vapor, ou seja, menor quantidade de vapor é gerado no ambiente e, assim, do ponto de vista prático, para substâncias com pressões de vapor muito baixas, as exposições aos seus vapores são desprezíveis (BUSCHINELLI; KATO, 2011).

4.3 Intoxicação



A inalação é a primeira rota de entrada da exposição ocupacional a solventes, visto que são líquidos voláteis e os seus vapores são lipossolúveis e, facilmente atravessam a membrana alvéolo-capilar pulmonar.

O índice de retenção (percentual do conteúdo inalado que é retido e absorvido) para a maioria dos solventes orgânicos varia de 40 a 80 % em repouso. No processo de trabalho, em virtude do aumento da atividade física e aumento da ventilação pulmonar, a quantidade de solvente inalado e retido aumenta substancialmente. Os níveis de atividade física, normalmente encontrada nas diversas atividades laborais, aumenta o conteúdo inalatório dos solventes por um fator duas a três vezes maior do que em repouso (RIBEIRO, 2010).

Como a pele tem uma camada lipídica e uma grande área superficial, a absorção cutânea é facilitada devido a solubilidade lipídica dos solventes orgânicos nas superfícies expostas. Entretanto, essa absorção também é determinada pela solubilidade e volatilidade dos solventes. Os solventes que são solúveis em lipídios e água são mais facilmente absorvidos através da pele. Os altamente voláteis são menos absorvidos, porque tendem a evaporar rapidamente da pele (RIBEIRO, 2010).

Como muitos solventes são lipofílicos eles tendem a ser distribuídos nos tecidos ricos em gorduras. Além do tecido adiposo, SNC e o fígado. Como a distribuição ocorre por via sanguínea e como as paredes vasculares e tissulares são usualmente ricas em lipídios, esses solventes também são distribuídos a órgãos com grande fluxo sanguíneo como o coração e o músculo esquelético.

O indivíduo com grande conteúdo adiposo em seu corpo acumulará grande quantidade de solvente absorvido e conseqüentemente excretará grande quantidade, mesmo após cessar a exposição. Muitos solventes também atravessam a membrana placentária e entram no tecido mamário e no leite materno.

A excreção dos solventes ocorre, primeiramente, através da exalação do composto não metabolizado, com a eliminação de metabólitos na urina ou uma combinação de ambas. Alguns solventes, como o percloroetileno, que são fracamente metabolizados, são excretados primariamente através da exalação.

A meia-vida biológica desses compostos varia de algumas horas a dias. Alguns se acumulam paulatinamente no curso da semana enquanto outros não. Por outro lado, a bioacumulação de alguns dias não é um fator importante na apresentação dos efeitos adversos de muitos solventes.

4.4 Solventes halogenados

Os solventes halogenados são compostos alifáticos e aromáticos que contém elementos da família dos halogênios: cloro, flúor ou bromo. São substâncias

amplamente utilizadas como produtos de limpeza, solventes, desengordurantes, agentes de limpeza a seco, propelentes de aerossóis e gases refrigerantes.

A medida que aumenta a massa molar e o número de halogênios na estrutura molecular, tanto a massa específica quanto o ponto de ebulição também aumentam. Em condições ambiente, encontram-se nas fases sólida, líquida ou gasosa. Na fase líquida são incolores, com alta toxicidade e com cheiro agradável. São solúveis em solventes orgânicos e insolúveis em água.



São de grande utilização industrial, principalmente, no desengraxamento de peças em metalúrgicas; são também usados como solventes de tintas e vernizes, nos pesticidas, nas lavagens a seco em tinturarias, etc. Entre os halogenados, os mais utilizados são os solventes clorados, como o tetracloreto de carbono, o tricloroetileno, o tetracloroetileno, o tricloroetano, etc.

A exposição pode causar sonolência, torpor e até a morte, se a dose absorvida for muito alta (efeito anestésico geral). A exposição ocupacional a esses solventes causa lesões no fígado e nos nervos periféricos e irritação pulmonar. E, em alguns casos, solventes como o tetracloreto de carbono, pode ocasionar o aparecimento de câncer de fígado. O controle deve ser feito por meio de avaliação hepática e de exames periódicos e análises de metabolitos urinários dos solventes.

A exposição aguda, por curtos períodos de tempo, a esses compostos pode provocar irritações nas mucosas, enjoo, dores de cabeça e tontura, além de patologias no fígado, rins e sistema nervoso central. A inalação de concentrações muito altas pode provocar desmaios rapidamente, podendo ser letais caso não haja socorro adequado (YAMANACA, 2012).

Quanto aos efeitos da exposição crônica aos solventes clorados, os mesmos podem provocar dores de cabeça, dificuldade de concentração, indisposição, distúrbios de sono, intolerância ao álcool e arritmia cardíaca. Além disso, estudos a respeito do tricloroetileno e tetracloroetileno, realizados pela *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, classificaram tais produtos como provavelmente cancerígenos a humanos (grupo 2A) (YAMANACA, 2012).

Resumo

Nessa aula, estudamos os solventes e suas propriedades físico-químicas relevantes para a exposição ocupacional. Também conhecemos sua principal utilização. Também aprendemos sobre os solventes halogenados e seus efeitos tóxicos.

Atividades de aprendizagem



1. Quais são as principais características dos solventes?
2. Quais os tipos de indústrias que os empregam?
3. Quais são as propriedades físico-químicas relevantes dos solventes?
4. A absorção dérmica está diretamente relacionada a qual característica?
5. Em função do que é definida a inflamabilidade de um solvente?
6. Explique a relação entre ponto de fulgor e volatilidade.
7. Em que condições pode ocorrer a explosão de um solvente?
8. Qual a função entre volatilidade e exposição ocupacional?
9. Qual o principal meio de absorção de um solvente?
10. O que são solventes halogenados?

Aula 5 – Toxicologia dos ácidos e bases

Objetivos

Aprender sobre a toxicidade de ácidos e bases.

Estudar os principais ácidos e bases de interesse ocupacional.

Conhecer os efeitos tóxicos dos principais ácidos e bases de interesse ocupacional.

5.1 Toxicidade dos ácidos

Ácidos são substâncias compostas que, em solução aquosa, liberam como único e exclusivo cátion o hidrônio (H_3O^+ ou H^+).



Desde os tempos dos alquimistas, observou-se que certas substâncias apresentavam comportamentos peculiares quando dissolvidos na água. Entre tais propriedades destacavam-se o sabor, semelhante ao do vinagre; a facilidade de atacar os metais, dando origem a um gás inflamável; e o fato de produzirem espuma quando em contato com calcários. Essas substâncias foram denominadas ácidos.

Os critérios inicialmente usados para caracterizar os ácidos, baseavam-se nas propriedades de suas soluções aquosas. Dizia-se que ácidos eram substâncias que apresentavam sabor azedo ou ácido e produziam mudança de cor dos indicadores. Evidentemente, essas propriedades não são completas nem específicas, pois outras substâncias podem também apresentá-las. Com o passar do tempo, foram estabelecidos conceitos mais definidos para a caracterização dos ácidos, tais como o de Arrhenius, o de Brønsted-Lowry e o de Lewis (AYALA, 2003).

Na segunda metade do século XIX, Arrhenius definiu ácido como um composto que, dissolvido em água, libera íons hidrogênio. Essa definição, no entanto, tem sua aplicação limitada às soluções aquosas. Para superar essa restrição, o químico dinamarquês Johannes M. Nicolaus Brønsted e o inglês Thomas Lowry elaboraram a teoria protônica, segundo a qual **ácido seria toda substância**

íon ou molécula capaz de doar prótons, partícula subatômica de carga positiva. Essa teoria pode aplicar-se a qualquer tipo de solvente, e não somente à água, como no caso do critério de Arrhenius (AYALA, 2003).

Baseando-se em critérios distintos, o americano Gilbert Lewis, definiu ácido como uma substância que pode aceitar um par de elétrons, partículas subatômicas de carga negativa, que giram em torno do núcleo atômico.

Alguns átomos apresentam maior tendência a ceder elétrons e se convertem em íons positivos ou cátions, enquanto outros tendem a aceitar pares de elétrons, e se convertem em íons negativos ou ânions. Em toda reação química ocorre esse processo simultâneo de doação e recebimento de elétrons, no qual Lewis se baseou para formular sua teoria.

5.1.1 Ácido sulfúrico – H_2SO_4

O ácido sulfúrico (H_2SO_4) é um líquido claro, incolor, inodoro, viscoso e muito corrosivo. É o ácido mais importante na indústria e no laboratório. É utilizado nas baterias de automóvel. É consumido em enormes quantidades em inúmeros processos industriais, como processos da indústria petroquímica, na fabricação de corantes, tintas, explosivos e papel. É também usado na indústria de fertilizantes agrícolas, permitindo a fabricação de produtos como os fosfatos e o sulfato de amônio. O consumo de ácido sulfúrico é usado frequentemente para acompanhar o grau de industrialização de um país.

O ácido sulfúrico é usado como um agente de secagem para remover quimicamente a água de muitas substâncias. Se derramado sobre cristais de açúcar, o ácido remove onze moléculas de água para cada molécula de sacarose. Após a desidratação do açúcar, tudo o que resta é uma frágil, massa esponjosa de carbono. Se o ácido sulfúrico fica em sua pele, ele imediatamente começa a retirar água das moléculas na pele, provocando a queimadura ácida.

O ácido sulfúrico é um produto extremamente corrosivo, tanto puro quanto em solução. É miscível com água em qualquer proporção, portanto, a mistura do ácido sulfúrico e água, deve ser cuidadosamente manipulada, devido ao calor desenvolvido e formação de salpicos.



Em contato do ácido sulfúrico com a pele ou olhos causa queimaduras severas, podendo levar a deformações e cegueira. A inalação de vapores de ácido sulfúrico é prejudicial ao sistema respiratório, pois provoca tosse, irritação na garganta e queimaduras. A ingestão produz queimaduras no aparelho

digestivo, que provocam dores de estômago, dificuldade de deglutição, sede intensa, náusea, vômitos e, em casos mais sérios, colapso e morte.

5.1.2 Cianetos

Cianetos compreendem uma ampla variedade de compostos com diversos graus de complexidade, todos contendo um grupamento CN^- . Apesar de tantas formas químicas de cianeto, o íon CN^- é o agente tóxico primário. O ácido cianídrico (HCN) é um líquido volátil sem cor e com odor característico de amêndoas amargas e é a principal forma na qual o cianeto está presente na atmosfera. Assim, o HCN representa o maior interesse para toxicologia ocupacional, oferecendo risco de exposição de trabalhadores através da inalação. É utilizado em indústrias diversas, como plásticos, acrílicos e corantes, entre outras.

O cianeto pode ser absorvido após inalação, exposição oral ou dérmica. A absorção pulmonar é a mais eficiente, sendo os efeitos quase que imediatos e mais intensos se comparados com a via gastrointestinal. O cianeto, após absorvido, alcança rápida e uniformemente diversos tecidos. A biotransformação se dá principalmente no fígado (ZACARIAS, 2009).

O cianeto é uma substância altamente tóxica. Ao entrar na célula tem a capacidade de interromper a cadeia respiratória através do bloqueio da enzima citocromo oxidase, causando anóxia celular. O sistema nervoso é um dos primeiros alvos da toxicidade do cianeto devido a sua grande necessidade de energia aeróbia e baixa capacidade anaeróbica (ZACARIAS, 2009).

A inalação de concentrações suficientes de HCN pode rapidamente causar a morte, característica utilizada nas câmeras de gás para execução. Uma concentração fatal média para humanos foi estimada em 546 ppm de ácido cianídrico após 10 minutos de exposição, embora muitos casos de morte tenham sido relatados em concentrações mais baixas (ZACARIAS, 2009).



A exposição humana a níveis elevados de HCN causa um breve estágio de estimulação do sistema nervoso central (SNC) seguida de depressão, convulsões, coma e, em alguns casos, morte. Enquanto que a exposição a doses não letais por tempo indeterminado permite a observação de sintomas como tontura, respiração ofegante, entorpecimento e dores de cabeça. Exposição crônica a baixas doses está relacionada com distúrbios neurológicos e disfunção da glândula tireoide, que já foram citados em estudos epidemiológicos em trabalhadores expostos cronicamente (ZACARIAS, 2009).

Por ingestão, a dose capaz de provocar a morte é de 1 mg por quilograma de massa corpórea. Por inalação, uma concentração de 0,3 mg por litro de ar mata entre 3 e 4 minutos. A ação tóxica do HCN deve-se à sua capacidade de inibir uma enzima que é fundamental para as células consumirem o gás oxigênio transportado pelo sangue, provocando, então, a parada da respiração celular. Na verdade, a pessoa acaba morrendo por asfixia, mesmo que o seu sangue esteja saturado de oxigênio. Assim as células morrem e, se esse processo acontece rapidamente nos centros vitais do organismo, ocorre a morte (ZACARIAS, 2009).

5.1.3 Ácido nítrico – HNO₃

O ácido nítrico puro é um líquido viscoso, incolor e inodoro. Frequentemente, distintas impurezas o colorem de amarelo-acastanhado. Em temperatura ambiente libera fumos vermelhos ou amarelados. O ácido nítrico concentrado tinga a pele de amarelo ao contato, devido a uma reação com a cisteína presente na queratina da pele.

Depois do ácido sulfúrico, é o ácido mais fabricado e mais consumido na indústria. É usado na fabricação de explosivos como o trinitrotolueno (TNT) e a nitroglicerina (dinamite); é muito útil para a indústria de fertilizantes agrícolas, permitindo a obtenção do salitre.



O ácido nítrico concentrado é um líquido muito volátil; seus vapores são muito tóxicos. O ácido nítrico é muito corrosivo à pele, olhos, aparelho digestivo e trato respiratório. Os vapores causam severas irritações, mesmo em baixas concentrações, e o líquido pode causar severas queimaduras mesmo quando em pequenos contatos com a pele e olhos. A inalação do vapor pode causar edema pulmonar podendo levar a morte. A exposição crônica à vapores ou misturas de ácido nítrico pode afetar lentamente os dentes, podendo ocasionar também doenças respiratórias crônicas.

5.1.4 Ácido clorídrico – HCl

Apresenta-se como um líquido fumegante claro e ligeiramente amarelado, com odor pungente e irritante, contém cerca de 33 % de cloreto de hidrogênio em peso e é comercializado nesta forma, a granel. O transporte é feito em carros-tanque. Sendo um produto tóxico e corrosivo.



O HCl impuro é comercializado com o nome de ácido muriático e é um reagente muito usado na indústria e no laboratório. Além disso, esse ácido é encontrado no nosso estômago. É um dos principais componentes do suco gástrico que é secretado para auxiliar na digestão da comida, num volume de aproximadamente 100 ml.

É utilizado principalmente na limpeza de pisos ou de superfícies metálicas antes da soldagem (decapagem). É utilizado ainda para limpeza e tratamento de metais ferrosos, flotação e processamento de minérios, regeneração de resinas de troca iônica, na construção civil, na neutralização de efluentes, na fabricação de produtos para a indústria de alimentos e farmacêutica, entre muitos outros (QUIUMENTO, 2013).

Também é usado na extração de petróleo: ele dissolve uma parte das rochas, pois é introduzido no bolsão rochoso e facilita o fluxo do petróleo até a superfície. Também é usado na produção de corantes, hidrólise de amidos e proteínas, produção de tintas, couros, entre outros.

Extremamente corrosivo, a inalação do vapor pode causar ferimentos sérios, a ingestão pode ser fatal. O líquido pode causar danos à pele e aos olhos *Threshold Limit Value* (TLV) 5 ppm. Pode causar severas lesões e até levar a perda da visão em caso de contato direto com os olhos. Em caso de inalação, causa irritação severa da via respiratória superior, resultando em sensação de queima na garganta, engasgo e tosse. Se inalado profundamente pode causar edema pulmonar. Em contato com a pele é corrosivo podendo causar severas queimaduras se não for removido com lavagem. Contato repetitivo pode levar a dermatite. Causa rapidamente severa irritação nos olhos e pálpebras, em caso de contato. Em caso de contato prolongado pode haver permanente dano visual ou perda da visão. Se ingerido pode causar severas queimaduras às mucosas da boca, esôfago e estômago.

5.1.5 Sulfeto de hidrogênio – H₂S

Também chamado de hidrogênio sulfureto, gás malcheiroso, hidreto de enxofre, gás sulfídrico, gás hepático, ácido hidrosulfúrico.

Mais comumente encontrado em indústrias de produção de gás natural e estações de tratamento de esgotos urbanos. Áreas relacionadas que produzem sulfureto de hidrogênio incluem piscicultura ou aquicultura, o armazenamento de esterco como fertilizante, e regiões onde os gases vulcânicos ou onde existem fontes termais. Refinarias e áreas de fornos de coque, que convertem o carvão em coque por meio de um processo de aquecimento em um ambiente livre de oxigênio. Indústrias de papel e celulose, siderúrgicas e curtumes também produzem o gás, e, uma vez que é um subproduto natural da decomposição de matéria orgânica por bactérias, é também um perigo potencial em vários tipos de fábricas de processamento de alimentos (GOUVEIA, 2012).

O sulfeto de hidrogênio é um forte irritante do sistema respiratório superior e inferior, porém seus efeitos dependem da sua concentração e duração da exposição. Esse ácido pode causar sensação de queimadura, tosse, respiração difícil, dor de cabeça e náusea. Exposição contínua à baixas concentrações (15 - 20 ppm) geralmente causa irritação das membranas mucosa e conjuntiva dos olhos; concentrações elevadas (200 - 300 ppm) podem causar dificuldades respiratórias, levando ao desmaio ou coma; exposição por mais de 30 minutos à concentrações com mais de 700 ppm são fatais; e a inalação contínua de baixas concentrações pode causar fadiga do olfato, dificultando a detecção de sua presença pelo odor.

5.2 Toxicidade das bases



Segundo Arrhenius, uma base (também chamada de álcali) é toda substância que em solução aquosa sofre dissociação iônica, liberando o ânion OH^- (hidróxido).

As bases possuem baixas concentrações de íons H^+ sendo consideradas bases as soluções que têm valores de pH acima de 7. Possuem sabor amargo e são empregadas como produtos de limpeza, medicamentos (antiácidos) entre outros. Muitas bases, como o hidróxido de magnésio (leite de magnésia) são fracas e não apresentam periculosidade.

Outras como o hidróxido de sódio (NaOH ou soda cáustica) são corrosivas e sua manipulação deve ser feita com todo o cuidado. As bases neutralizam os ácidos, segundo conceito de Arrhenius, formando água e um sal.

Da mesma forma que os ácidos, as bases também conduzem corrente elétrica quando dissolvidas em água. Os indicadores fenolftaleína (solução) e papel de tornassol também mudam de cor em presença de hidróxidos. A fenolftaleína incolor torna-se vermelha; papel de tornassol vermelho fica azul: reações inversas às verificadas para os ácidos.

5.2.1 Hidróxido de sódio – NaOH

Essa base é conhecida comercialmente como soda cáustica, pois pode corroer e destruir os tecidos vivos, causando queimaduras graves na pele. É sólida à temperatura ambiente, branca, cristalina, com ponto de fusão a 318°C , bastante solúvel em água e é uma substância deliquescente, o que significa que ela é higroscópica, pois absorve água do meio ambiente e com o tempo pode se tornar um líquido incolor. Ela reage lentamente com o vidro, sendo guardada em frascos de plástico.



Figura 5.1: Hidróxido de sódio

Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Hidr%C3%B3xido_de_s%C3%B3dio

É a base mais importante da indústria e do laboratório. É fabricada e consumida em grandes quantidades. O hidróxido de sódio também é usado pela indústria petroquímica em uma das etapas da fabricação de papel, celulose, tecidos, corantes e produtos de uso doméstico. Possui ação corrosiva sobre os tecidos da pele, olhos e mucosas. O hidróxido de sódio não é inflamável, porém quando em contato com alguns metais, forma gases inflamáveis. O contato com os olhos pode causar severos danos, incluindo queimaduras e cegueira, dependendo da concentração do produto e do tempo de exposição. É corrosivo em contato com a pele, podendo causar queimaduras e destruição dos tecidos. A exposição do produto na forma de líquido, vapor ou neblina pode causar queimaduras nas vias respiratórias e o contato prolongado pode causar pneumonia química. A ingestão pode causar severas queimaduras e completa perfuração dos tecidos.

5.2.2 Hidróxido de potássio – KOH

O hidróxido de potássio (KOH), conhecido como potassa cáustica é uma base forte formada por um sólido branco cristalino. É extremamente perigoso, em virtude de ser tóxico e corrosivo. Reage violentamente e exotermicamente com água e com ácidos, produzindo um vapor sufocante e corrosivo. O hidróxido de potássio é comercializado sob forma sólida comumente em escamas podendo às vezes estar na forma de flocos ou granulado ou soluções a 50 %, sendo utilizado como matéria-prima na indústria saboeira, além de diversas outras finalidades.



Figura 5.2: Hidróxido de potássio

Fonte: <http://www.infoescola.com/compostos-quimicos/hidroxido-de-potassio/>



O KOH é uma base muito utilizada na indústria, em segmentos que vão desde matérias-primas farmacêuticas a fertilizantes, em virtude de ser uma base de custo baixo e conferir ótimas propriedades aos produtos com ela formuladas. Os principais usos são:

A fabricação de sabões e detergentes entre outros produtos de limpeza. O KOH é usado na fabricação de sabões moles e transparentes, em virtude de conferir maior consistência e menos rigidez aos sabões, aumentando assim sua solubilidade.

Na indústria cosmética é utilizada principalmente na fabricação de sabonetes em virtude de ser menos agressiva à pele do que os sabões de sódio. É usada na pesquisa sob a forma de reagente PA, tanto em titulações ácido base quanto em sínteses orgânicas e inorgânicas.

Na fabricação de fertilizantes, em virtude do potássio ser indispensável para o crescimento das plantas, é comumente comercializado na forma de nitratos, nitritos, sulfatos e fosfatos de potássio, todos obtidos pelas reações de neutralização com os respectivos ácidos.

Em contato com a pele, o hidróxido de potássio pode causar dor, vermelhidão, irritação severa ou queimaduras. Quando em contato com os olhos, trata-se de um produto altamente corrosivo, provocando irritação nos olhos com vermelhidão e inchaço; maiores exposições causam queimaduras severas e possível cegueira. Por tratar-se de uma base tóxica, sua ingestão pode causar queimaduras severas na boca, garganta e estômago. Outros sintomas podem incluir vômito e diarreia, podendo causar morte com uma dose letal calculada de 5 g. Além disso, os efeitos da inalação de pó ou névoa variam de irritação

moderada a dano sério da área respiratória e dependem da severidade da exposição. Os sintomas podem incluir tosse, espirros e danos à área nasal ou respiratória e concentrações altas podem causar dano pulmonar.

5.2.3 Hidróxido de amônio – NH_4OH

O hidróxido de amônio é um composto volátil, incolor, de cheiro amargo e penetrante. É utilizado como reagente pela indústria química na produção de tinturas de cabelo, cosméticos, produtos branqueadores de tecidos, fertilizantes agrícolas, explosivos, borrachas, couro, sabão amoniacal, lubrificantes, cerâmicas, detergentes, medicamentos, aditivos alimentícios. Também é utilizado em outros processos como tratamento de efluentes, saponificação de óleos e gorduras, produção de filmes e revelações fotográficas.

É uma substância nociva à saúde humana, pois por liberar amônia, é sufocante, irritante aos olhos, pele, mucosas e aparelho respiratório superior. Os efeitos provocados variam de intensidade e dependem do tempo de exposição, podendo variar de leves irritações até sérias lesões.

A inalação pode causar dificuldades respiratórias, broncoespasmos, queimadura na mucosa nasal, faringe e laringe, dor no peito, edema pulmonar, salivação e retenção da urina. Sua ingestão provoca náusea, vômitos e inchaço nos lábios, boca e laringe. O hidróxido de amônio concentrado produz, em contato com a pele, necrose dos tecidos e profundas queimaduras; em contato com os olhos, resulta em lacrimejamento, conjuntivites, irritação na córnea e cegueira temporária ou permanente.

Resumo

Compreender as diferenças entre ácidos e bases. Estudar os principais ácidos e bases, saber identificar suas denominações mais comuns e sua utilização. Entender seus efeitos tóxicos e as vias de exposição.

Atividades de aprendizagem

1. Diferencie ácidos e bases.
2. Qual é o ácido cuja produção é utilizada como indicador de desenvolvimento industrial de um país?
3. Explique o efeito do ácido sulfúrico na pele.



4. Qual a via de exposição mais preocupante do ácido cianídrico? E por quê?
5. O ácido nítrico é muito utilizado em que tipo de indústria?
6. Qual o nome comercial do ácido clorídrico e qual sua principal utilização?
7. O sulfeto de hidrogênio é facilmente identificado, principalmente, por causa de qual característica?
8. Qual a base mais importante em termos industriais e qual seu nome comercial?
9. Em que condições o hidróxido de sódio torna-se inflamável?
10. Como é conhecido o hidróxido de potássio?
11. Explique a utilização do hidróxido de amônio pela indústria de cosméticos.

Aula 6 – Toxicologia dos agrotóxicos

Objetivos

Entender o termo agrotóxico e sua utilização.

Identificar as classificações dos agrotóxicos.

Conhecer os principais efeitos tóxicos dos agrotóxicos.

6.1 Definição

No Brasil, o Decreto Federal nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989, em seu Artigo 1º, Inciso IV, define o termo agrotóxico e afins como produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, pastagens, proteção de florestas nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais. São utilizados para alterar a composição da flora ou da fauna, com a finalidade de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. Também estão incluídas as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento. Ou seja: são substâncias utilizadas para combate de pragas (como insetos, larvas, fungos, carrapatos) e para controle do crescimento de vegetação, entre outras funções (BRASIL, 2010).

O termo agrotóxico, ao invés de defensivo agrícola, passou a ser utilizado no Brasil a partir da Constituição Federal de 1988, sendo esta modificação fruto de grande mobilização da sociedade civil organizada. Mais do que uma simples mudança de terminologia, este termo coloca em evidência a toxicidade desses produtos para o meio ambiente e para a saúde humana (BRASIL, 2010).

Popularmente, os agrotóxicos são também chamados de venenos, remédios, defensivos ou pesticidas. Sua maior utilização é na agricultura. São também utilizados na saúde pública (controle de vetores), no tratamento de madeira, no armazenamento de grãos e sementes, na produção de flores, no combate a piolhos e outros parasitas no homem e na pecuária (BRASIL, 2010).



6.2 Classificação

6.2.1 Classificação conforme a toxicidade

Os agrotóxicos são classificados pela ANVISA, órgão de controle do Ministério da Saúde, em quatro classes de perigo para sua saúde. Cada classe é representada por uma cor no rótulo e na bula do produto (ANVISA, 2011).

Classe	Grau	Cor da faixa
Classe I	Extremamente tóxicos	 Vermelha
Classe II	Altamente tóxicos	 Amarela
Classe III	Medianamente tóxicos	 Azul
Classe IV	Pouco tóxicos	 Verde

Figura 6.1: Classificação da toxicidade dos agrotóxicos

Fonte: CTISM, adaptado de ANVISA, 2011

6.2.2 Conforme o organismo alvo e grupo químico

Os agrotóxicos também podem ser classificados segundo o grupo químico ao qual pertencem e o tipo de ação (natureza da praga controlada). A forma de classificar os agrotóxicos é importante e pode ser útil para o diagnóstico das intoxicações e para a adoção de tratamento específico, como mostra o Quadro 6.1.

Quadro 6.1: Principais categorias de agrotóxicos quanto à sua ação e ao grupo químico ao qual pertencem

Tipos de ação (classe)	Principais grupos químicos	Exemplos (produtos/substâncias)
Inseticidas (controle de insetos, larvas e formigas)	Organofosforados	Azodrin, Malathion, Parathion, Nuvacron, Tamaron, Hostation, Lorsban
	Carbamatos	Carbaryl, Furadan, Lannate, Marshal
	Organoclorados ¹	Aldrin, Endrin, DDT, BHC, Lindane
	Piretroídeos (sintéticos)	Decis, Piredam, Karate, Cipermetrina
Fungicidas (combate aos fungos)	Ditiocarbamatos	Maneb, Mancozeb, Dithane, Thiram, Manzate
	Organoestânicos	Brestan, Hokko Suzu
	Dicarboximidos	Orthocide, Captan
Herbicidas (combate às ervas daninhas)	Bipiridílios	Gramoxone, Paraquat, Reglone, Diquat
	Glicina substituída	Roundup, Glifosato, Direct
	Derivados do ácido fenoxiacético	Tordon, 2,4-D, 2,4,5-T ²
	Dinitrofenóis	Bromofenoxim, Dinoseb, DNOC
	Triazina	Stopper, Sinerge, Ametron

¹ Seu uso tem sido progressivamente restringido ou mesmo proibido em vários países, inclusive no Brasil.
² A mistura de 2,4-D com 2,4,5-T representa o principal componente do agente laranja, utilizado como desfolhante na guerra do Vietnã.

Fonte: Adaptado de ANVISA, 2011

Outras classes importantes de agrotóxicos compreendem: raticidas (combate aos roedores), acaricidas (combate aos ácaros), nematocidas (combate aos nematoides) e moluscicidas (combate aos moluscos, basicamente contra o caramujo da esquistossomose). Alguns agrotóxicos possuem mais de um tipo de ação como, por exemplo, o inseticida organofosforado “Parathion” que também é utilizado como acaricida e o inseticida carbamato “Furadan” que também possui ação de combate aos nematoides (nematocida).

6.3 Principais usos e população exposta

Calcula-se que atualmente são utilizadas cerca de 2000 substâncias diferentes como praguicidas (ingredientes ativos) em todo o mundo. E a partir dessas são produzidas misturas ou formulações com outros ingredientes ativos ou com solventes e emulsificantes. O Brasil está entre os principais consumidores mundiais de agrotóxicos. A maior utilização dessas substâncias está na agricultura, no combate às mais variadas pragas e como desfolhantes e desseccantes.

Também tem sido amplamente utilizados no ambiente domiciliar como raticidas, baraticidas, piolhidas, mosquicidas, na jardinagem amadora, etc. Ainda são incluídos na medicina veterinária para o controle de carrapatos, mífase, mosca-dos-chifres, pediculoses e outros.

Na saúde pública, na eliminação e controle de vetores transmissores de doenças endêmicas. E, ainda, no tratamento de madeira para construção, no armazenamento de grãos e sementes, na produção de flores, para combate de piolhos e outros parasitas, na pecuária, etc.

Dentre os vários grupos de população que estão expostos aos agrotóxicos, destacam-se os que estão expostos de forma ocupacional ou profissional, os trabalhadores do setor agropecuário, de saúde pública, de empresas desinsetizadoras, indústrias de formulação e síntese, transporte e comércio.



Os trabalhadores do setor agropecuário são, sem dúvida, o grupo mais sujeito aos efeitos danosos dos agrotóxicos. Tanto os que têm contato direto, (aplicadores, preparadores da calda, almoxarifés) como os de contato indireto, podem ter exposição e apresentarem efeitos agudos e de longo prazo. O grupo de contato indireto, que é o que realiza capinas, roçadas, desbastes, colheitas, é o de maior preocupação. Como o período de reentrada nas lavouras não é respeitado, estes trabalhadores, muitas vezes, se expõem e se contaminam em maior grau do que o grupo de contato direto.

O setor de saúde pública apresenta riscos de contaminação, pois embora a exposição, em geral, ocorra com produtos de baixa toxicidade, ela é contínua durante muitos anos. A resistência adquirida pelos vetores, como o Aedes, aos principais agrotóxicos, exige a mudança frequente de produtos, gerando nos trabalhadores exposição a múltiplos produtos com sérios prejuízos à saúde.

Os trabalhadores de empresas desinsetizadoras ou dedetizadoras são ainda motivo de preocupação. Os casos de intoxicações agudas de aplicadores são comuns em todo o país. Além disso, vários casos de intoxicação vêm ocorrendo em pessoas que vivem nos ambientes onde houve aplicação dos produtos.

Trabalhadores das indústrias de formulação e síntese, como os operários da linha de produção, pessoal de manutenção, limpeza, lavanderia e profissionais de assistência técnica, podem estar mais expostos e apresentarem efeitos adversos, tanto agudos, como em longo prazo.

Os setores de transporte e comércio têm grande importância, principalmente nos municípios do interior dos estados onde existe um número significativo de casas comerciais e cooperativas que comercializam e estocam os produtos.

6.4 Efeitos sobre a saúde

Os agrotóxicos podem ter vários efeitos sobre a saúde humana, dependendo da forma e tempo de exposição e do tipo de produto por sua toxicidade específica. Os agrotóxicos que mais causam preocupação, em termos de saúde humana, são os inseticidas organofosforados e carbamatos, os piretróides e os organoclorados, os fungicidas ditiocarbamatos e os herbicidas fenoxiacéticos (2,4-D), o glifosato e o paraquat. De acordo com o tempo de exposição, podem determinar três tipos de intoxicação: aguda, sobreaguda e crônica.

6.4.1 Inseticidas organofosforados e carbamatos

São agrotóxicos amplamente utilizados na agricultura e podem ser absorvidos por inalação, ingestão ou exposição dérmica. É importante ressaltar que mais de 90 % da absorção se dá pela pele e o restante via digestiva, pois as gotículas das pulverizações não são inaláveis por serem grandes e acabam sendo deglutidas quando estão nas vias aéreas superiores (nariz, garganta, faringe).

Após absorvidos, são distribuídos nos tecidos do organismo pela corrente sanguínea e sofrem biotransformação, principalmente no fígado. A principal via de eliminação é a renal.

A principal ação dos organofosforados (OF) e carbamatos no organismo humano é a inibição da acetilcolinesterase (ACE) nas terminações nervosas. Sendo a ACE responsável pelo fim da atividade biológica do neurotransmissor acetilcolina (AC), sua inibição leva a um acúmulo de AC nas sinapses. A AC atua na mediação do impulso nervoso e este acúmulo desencadeia uma série de efeitos: sinais e sintomas que mimetizam ações muscarínicas, nicotínicas e ações do SNC da acetilcolina (BRASIL, 2010).

As intoxicações agudas por carbamatos podem levar a sinais e sintomas que incluem diarreia, náusea, vômito, dor abdominal, salivação e sudorese excessivos, visão borrada, dificuldade respiratória, dor de cabeça, fasciculações musculares. Para os OF, os sinais e sintomas de intoxicação aguda podem ser divididos em três estágios:

- **Leve** – fadiga, dor de cabeça, visão borrada, dormência de extremidades, náusea, vômitos, salivação e sudorese excessivos.
- **Moderada** – fraqueza, dificuldade para falar, fasciculação muscular, miose.
- **Severa** – inconsciência, paralisia flácida, dificuldade respiratória, cianose.

Além desses sintomas clássicos, recentemente sinais de neurotoxicidade persistente vêm sendo relacionados aos organofosforados. O segundo estágio de intoxicação por OF é a síndrome intermediária, que pode ocorrer 24 a 96 horas após a crise aguda, tendo duração aproximada de 6 semanas e apresenta-se como uma sequência de sinais neurológicos e fraqueza muscular (BRASIL, 2010).

O terceiro estágio clínico descrito é a neurotoxicidade retardada induzida por organofosforados. Os sintomas podem surgir de 2 a 5 semanas após a exposição aguda, apresentando um quadro clínico que inclui fraqueza progressiva, paralisia distal flácida de membros inferiores e superiores e paralisia de músculos respiratórios. A recuperação pode ser demorada (de meses a anos), podendo não ocorrer total reversão do quadro. Assim, é importante que pacientes intoxicados agudamente por OF sejam acompanhados por semanas durante a recuperação de uma intoxicação aguda, para que se observe se ocorrerá a evolução do quadro para algum dos estágios citados (BRASIL, 2010).

Alguns organofosforados e carbamatos estão presentes na revisão da IARC em 2009 (BRASIL, 2010):

- Diclórvo (organofosforado) – grupo 2B (possivelmente cancerígeno para o homem).
- Malation, Paration (organofosforados); Aldicarb, Carbaril, Maneb (carbamatos) – grupo 3 (não classificado como carcinogênico para o homem).

Apesar de não incluído na lista da IARC, o agrotóxico Acefato é classificado como possível carcinógeno humano, ou classe C pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency* – EPA).

A EPA inclui nessa classe as substâncias para as quais há evidências de carcinogenicidade obtidas em estudos experimentais, mas que não foram adequadamente avaliadas em estudos com seres humanos. Não existem, até o momento, estudos epidemiológicos que tenham investigado a associação entre exposição ao acefato e a ocorrência de câncer em seres humanos (BRASIL, 2010).

6.4.2 Inseticidas organoclorados

São agrotóxicos de lenta degradação, com capacidade de acumulação nos seres vivos e no meio ambiente, podendo persistir por até 30 anos no solo. São altamente lipossolúveis e o homem pode ser contaminado não só por contato direto, mas também através da cadeia alimentar – ingestão de água e alimentos contaminados (BRASIL, 2010).

Esses inseticidas foram utilizados por várias décadas na saúde pública para o controle de vetores de doenças endêmicas, como a malária, assim como na agricultura. O DDT (inseticida organoclorado) foi banido em vários países a partir da década de 1970.

No Brasil, a maioria dos organoclorados de uso na agricultura teve a comercialização, uso e distribuição proibidos pela Portaria nº 329, de 2 de setembro de 1985. As restrições à sua utilização originam-se da sua grande capacidade residual e de uma possível ação carcinogênica (BRASIL, 2010).

Entretanto, algumas substâncias, como o endossulfam e o dicofol, foram liberadas em caráter emergencial para comercialização, distribuição e uso em algumas culturas (Portaria nº 95, de 21 de novembro de 1985) (BRASIL, 2010).

Na intoxicação aguda os sintomas são: irritabilidade, sensação de dormência na língua, nos lábios e nos membros inferiores, desorientação, dor de cabeça persistente (que não cede aos analgésicos comuns), fraqueza, vertigem, náuseas, vômitos, contrações musculares involuntárias, tremores, convulsões, coma e morte. Em caso de inalação, podem ocorrer sintomas como tosse, rouquidão, edema pulmonar, broncopneumonia e taquicardia (BRASIL, 2010).

Na intoxicação crônica ocorrem alterações no sistema nervoso, alterações sanguíneas diversas, como aplasia medular, lesões no fígado, arritmias cardíacas e lesões na pele (BRASIL, 2010).

A IARC classifica alguns organoclorados como pertencentes ao grupo “2B” (possivelmente cancerígeno para a espécie humana). O DDT, por exemplo, pertence a este grupo por estar associado ao desenvolvimento de câncer de fígado, de pulmão e linfomas em animais de laboratório. Outros organoclorados pertencentes ao grupo 2B são Clordane, Heptacloro, Hexaclorobenzeno, Mirex. O endossulfam é um inseticida e acaricida do grupo dos organoclorados que ainda é comercializado no Brasil. A ANVISA vêm propondo a reavaliação desse químico, visando à sua proibição no país, por se mostrar como risco à saúde humana, incluindo potencial carcinogênico (BRASIL, 2010).

6.4.3 Piretroides

Tiveram uso crescente nos últimos 20 anos e, além da agropecuária, são também muito utilizados em ambientes domésticos, nos quais seu uso abusivo vem causando aumento nos casos de alergia em crianças e adultos. São facilmente absorvidos pelas vias digestiva, respiratória e cutânea. Os sintomas de intoxicação aguda ocorrem principalmente quando sua absorção se dá por via respiratória. São compostos estimulantes do sistema nervoso central e, em doses altas, podem produzir lesões no sistema nervoso periférico (BRASIL, 2010).

Na intoxicação aguda, os principais sinais e sintomas incluem dormência nas pálpebras e nos lábios, irritação das conjuntivas e mucosas, espirros, coceira intensa, manchas na pele, edema nas conjuntivas e nas pálpebras, excitação e convulsões.

Apesar de não estarem descritas evidências de toxicidade crônica com o uso de piretroides, alguns autores citam efeitos de exposições de longo prazo como neurites periféricas e alterações hematológicas do tipo leucopenias (BRASIL, 2010). Recentemente, foram detectados vários casos de pneumonia em uma população que foi exposta a esse grupo de inseticidas na cidade de Manaus, após uma pulverização contra o vetor da dengue.

Os piretroides parecem não estarem associados ao desenvolvimento de câncer. A IARC classifica os agrotóxicos deltametrina e permetrina no grupo 3 (não carcinogênicos para o homem).

6.4.4 Herbicidas

São usados no controle de espécies não desejadas no campo e para realização de “capina química”. Nas últimas duas décadas, esse grupo tem tido sua utilização crescente na agricultura. Alguns herbicidas comercializados no Brasil são: Paraquat, Glifosato, Triazinas e derivados do ácido fenoxiacético.

Existem várias suspeitas de mutagenicidade, teratogenicidade e carcinogenicidade relacionadas a esses produtos. Dentre os herbicidas, alguns grupos químicos merecem atenção especial pelos efeitos adversos à saúde, descritos a seguir.

- Bipiridílios (Paraquat) – esse produto é considerado como um dos agentes de maior toxicidade específica para os pulmões. Pode ser absorvido por ingestão, inalação ou contato com a pele. Provoca lesões hepáticas, renais e fibrose pulmonar irreversível, podendo levar à morte por insuficiência respiratória em até duas semanas após a exposição, em casos graves (BRASIL, 2010).
- Glicina substituída (Glifosato) – comercializado principalmente com os nomes Glifosato ou Roundup, é o herbicida mais utilizado nos Estados Unidos e no mundo. Muito utilizado na agricultura de grande porte, assim como, na agricultura familiar, sendo considerado por muitos agricultores e agrônomos como um produto quase “inofensivo” ao homem (BRASIL, 2010).

Sintomas de exposição ao glifosato incluem irritação dos olhos, visão borrada, erupções cutâneas, náusea, inflamação ou dor de garganta, asma, dificuldade para respirar, dor de cabeça e vertigens. Estudos recentes demonstram existir relação entre a exposição ao glifosato e o desenvolvimento de linfoma não Hodgkin e mieloma múltiplo. Além disso, pesquisadores sugerem que o glifosato formulado provoca as primeiras etapas de cancerização de células, pois ativa o que se chama de *checkpoint*, ou seja, as proteínas de controle.

- Triazinas – as triazinas são herbicidas muito persistentes no ambiente e consideradas contaminantes ambientais importantes, principalmente poluente de ambientes aquáticos. Pesquisas que investigam a associação desses compostos com o desenvolvimento de câncer ainda são controversas, tanto em animais quanto em seres humanos. Alguns artigos de revisão

sugerem uma associação das triazinas e o câncer de ovário. Entretanto, outros estudos e publicações não encontraram associação entre a triazina e o câncer. Portanto, mais estudos sobre o tema precisam ser desenvolvidos para que se chegue a resultados conclusivos (BRASIL, 2010).

- Derivados do ácido fenoxiacético – um dos principais produtos é o 2,4-D, muito usado no país em pastagens e plantações de cana-de-açúcar. O quadro de intoxicação aguda dos derivados do ácido fenoxiacético inclui: cefaleia, tontura, fraqueza, náuseas, vômitos, dor abdominal, lesões hepáticas e renais. Casos graves podem apresentar convulsões, coma e podem evoluir para óbito em 24 horas. Os efeitos crônicos incluem neuropatia periférica, disfunção hepática e maior risco de desenvolver linfomas tipo Hodgkin e não Hodgkin, sarcoma de partes moles e mieloma múltiplo (BRASIL, 2010).

6.4.5 Rodenticidas

Atualmente, os rodenticidas são à base de anticoagulantes, os dicumarínicos, que são bem absorvidos por via digestiva e podem determinar, na intoxicação aguda, hemorragias de vários graus, dependendo da dose ingerida. O grupo de maior risco, nesse caso, são as crianças que têm contato com essas substâncias em forma de isca, sendo que algumas simulam guloseimas bastante atrativas para as crianças (TRAPÉ, 2004).

Na intoxicação aguda os sintomas surgem rapidamente, algumas horas após a exposição excessiva, por curto período, a produtos extrema ou altamente tóxicos. Nas intoxicações agudas decorrentes do contato/exposição a apenas um produto, os sinais e sintomas clínico-laboratoriais são nítidos e objetivos, o diagnóstico é claro e o tratamento definido. Pode ocorrer de forma leve, moderada ou grave, dependendo da quantidade de veneno absorvido.

A intoxicação sobreaguda ocorre por exposição moderada ou pequena a produtos altamente tóxicos ou medianamente tóxicos e tem aparecimento mais lento. Os sintomas são subjetivos e vagos, tais como dor de cabeça, fraqueza, mal-estar, dor de estômago e sonolência, entre outros.

A intoxicação crônica caracteriza-se por surgimento tardio, após meses ou anos, por exposição pequena ou moderada a produtos tóxicos ou a múltiplos produtos, acarretando danos muitas vezes irreversíveis, como paralisias e neoplasias. Os sintomas são subjetivos tornando o quadro clínico indefinido e o diagnóstico difícil de ser estabelecido.

Resumo

Compreender o termo agrotóxico, suas classificações quanto à toxicidade e ao grupo químico. Identificar suas denominações, utilizações mais comuns e população exposta. Aprender a identificar os principais grupos químicos e seus efeitos à saúde.



Atividades de aprendizagem

1. Descreva a classificação dos agrotóxicos por toxicidade adotada pela ANVISA.
2. Identifique a classificação dos agrotóxicos por organismo alvo e por grupo químico.
3. Por que é importante estudar os efeitos à saúde dos agrotóxicos no Brasil?
4. Qual a utilização de agrotóxicos no ambiente domiciliar?
5. Quais os tipos de intoxicação associados ao tempo de exposição aos agrotóxicos?
6. Qual a via de absorção mais importante dos carbamatos e organofosforados?
7. Quais são os carbamatos e organofosforados presentes no relatório da IARC e qual indicação receberam? E pela EPA?
8. Alguns organoclorados foram liberados para uso emergencial no Brasil, apesar de sua proibição. Quais são?
9. Qual a classificação IARC para organoclorados?
10. Quais são as suspeitas relacionadas aos herbicidas?
11. Quais são os principais grupos químicos dos herbicidas?
12. Qual o maior grupo humano de risco para exposição aos efeitos tóxicos dos rodenticidas?

Aula 7 – Segurança química

Objetivos

Conhecer a evolução da segurança química no mundo e no Brasil.

Identificar e conhecer as normas da ABNT para segurança química.

Saber identificar os pictogramas de segurança do GHS.

7.1 Evolução e gestão da segurança química

A segurança química é um conceito global, desenvolvido para assegurar a proteção da saúde, da vida e das condições normais do ambiente em relação aos riscos decorrentes das atividades envolvendo produtos químicos. Consiste na utilização racional e consciente das substâncias e produtos químicos com vistas à proteção da saúde humana e do meio ambiente.

A segurança química é operacionalizada por meio de dispositivos legais e voluntários, bem como, de instrumentos, mecanismos e práticas, que são aplicados ao longo de todo o ciclo de vida da substância, em busca de um equilíbrio entre os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Existem mais de 21 milhões de substâncias químicas conhecidas de origem natural ou resultado da atividade humana. Cerca de 100.000 substâncias são comercializadas, 70.000 são utilizadas cotidianamente pelo homem e a cada ano são introduzidas cerca de 2.000 substâncias químicas novas no mercado. Em cerca de apenas 6.000 substâncias foram realizados alguns testes de toxicidade. Logo, esses números confirmam a importância, assim como, a preocupação sobre os riscos das substâncias químicas evidenciados por estudos da comunidade científica internacional.

Efeitos adversos ao meio ambiente e às diferentes formas de vida ocasionados por agentes químicos dependem das propriedades físicas e químicas, características toxicológicas e ecotoxicológicas, formas de uso, via e intensidade de exposição, bem como das especificidades dos seres vivos submetidos à exposição. Estudos têm comprovado a relação entre agravos à saúde humana

e danos aos ecossistemas naturais e urbanos decorrentes da exposição aos produtos químicos, com consequências socioeconômicas negativas para a sociedade.

Como questão de interesse público, a segurança química envolve vários níveis e setores governamentais, em especial os que atuam em questões relativas ao ambiente, trabalho, saúde, transporte e o desenvolvimento econômico e tecnológico.



A questão da segurança química tem para o Brasil alta relevância, visto que o país está entre os dez maiores produtores mundiais do setor químico, além de ser o maior produtor e importador de produtos químicos da América Latina.

7.1.1 Evolução da segurança química

Em 1990 a OIT elaborou e adotou Convenção (170) e Recomendação (177) sobre Segurança no Uso de Produtos Químicos no Trabalho. A adoção desses instrumentos exige que um país possua um sistema para classificação e rotulagem de produtos químicos.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED – RIO 92) em 1992 no Brasil, realizou a Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento que é composta de 27 princípios. Também estabeleceu a Agenda 21, com 40 capítulos e uma abordagem globalmente equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e desenvolvimento.

Os acordos da RIO 92 foram endossados pela Assembleia Geral das Nações Unidas. Criaram-se no Capítulo 19 da Agenda 21 seis áreas programáticas para fortalecer os esforços nacionais e internacionais relacionados à gestão ecologicamente saudável dos produtos químicos. A área programática “B” estabelece “um Sistema Globalmente Harmonizado (GHS) para classificação e rotulagem, incluindo fichas de informações de segurança de produtos químicos e símbolos facilmente compreensíveis”. Todos os países são encorajados a implementar o GHS. Esse acordo foi referendado na Rio +10, em Johannesburgo em 2002.

No encontro de cúpula de Johannesburgo 2002 (Rio +10), foi declarado que até 2020 todos os países deverão ter implementado um sistema de gerenciamento de substâncias químicas que ofereça risco mínimo para a saúde e ao meio ambiente. O documento GHS, conhecido como Livro Púrpura (*Purple Book*), teve sua 1ª edição publicada em 2003.

Em 2000 foi criada a COPASQ que em 2003 transformou-se em Comissão Nacional de Segurança Química – CONASQ, com o objetivo de articulação institucional e fomentar discussões sobre segurança química e implementar o Programa Nacional de Segurança Química – PRONASQ que possui 10 linhas de ação:

- Mecanismos de controle e fiscalização na gestão de substâncias químicas.
- Rede de intercâmbio e difusão de informações para segurança química no Brasil.
- Redução das vulnerabilidades aos acidentes com produtos químicos.
- Áreas contaminadas.
- Sistema global harmonizado de classificação e rotulagem de produtos químicos.
- Segurança química nas universidades e instituições de pesquisa.
- Implementação de convenções internacionais (Estocolmo, Roterdã).
- Manejo integrado de pragas e vetores.
- Inventário de emissões e transferências de poluentes.
- Perfil nacional da gestão de substâncias químicas.

7.1.2 Gestão das substâncias químicas

A necessidade de implementação de uma Abordagem Estratégica Internacional para a Gestão das Substâncias Químicas – *Strategic Approach to International Chemicals Management* (SAICM) teve sua origem em fevereiro de 2002, por meio de decisão do Conselho de Administração do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que endossou a Declaração da Bahia e as prioridades de ações após 2000 do Fórum Intergovernamental de Segurança Química (FISQ).

O SAICM tem cinco objetivos prioritários:

- **Redução de riscos** – uma gestão segura e saudável de produtos químicos só existe quando os riscos são reduzidos ao máximo para a saúde humana, incluindo os trabalhadores, e para o meio ambiente durante todo o ciclo de vida desses produtos.
- **Conhecimento e informação** – a sociedade precisa saber sobre os efeitos dos produtos sobre a saúde e sobre o meio ambiente, medidas de proteção e emergenciais durante todo o ciclo de vida.
- **Governança** – os mecanismos nacionais, regionais e internacionais para a gestão de produtos químicos precisam ser multissetoriais, amplos, efetivos, transparentes, coerentes, inclusivos e sempre com a devida prestação de contas.
- **Capacitação e cooperação técnica** – aumentar em todos os países a capacidade para a gestão segura e saudável dos produtos químicos. Estabelecer mecanismos de cooperação técnica e de transferência de tecnologia limpa e apropriada entre países, reduzindo a disparidade de capacidade técnica entre diferentes nações.
- **Tráfico ilegal internacional** – combater o tráfico ilegal de produtos químicos tóxicos, perigosos, proibidos e severamente restringidos, de resíduos e de produtos que incorporam esses químicos, misturas e compostos.

7.1.3 Sistema globalmente harmonizado para classificação e rotulagem de produtos químicos

O processo de harmonização começou na segunda metade da década de 90, sob o “guarda-chuva” do Programa de Interorganizações para a Gestão Segura de Produtos Químicos (IOMC). O Grupo Coordenador para Harmonização dos Sistemas de Classificação de Produtos Químicos (CG/HCCS) gerenciou o processo. No Brasil o GHS possui o seguinte ordenamento:

Quadro 7.1: Ordenamento do GHS	
Assunto	Órgão competente
Perigos físicos	Ministério da Defesa, ANTT e outros
Perigos para a saúde	Ministério da Saúde e ANVISA
Perigos para o meio ambiente	Ministério do Meio Ambiente
Fichas de segurança e frases de precaução	Ministério do Trabalho e Emprego
Ensaio laboratoriais e o reconhecimento internacional para classificação e rotulagem	INMETRO

Fonte: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/gestao-das-substancias-quimicas>

Os objetivos do GHS são:

- Garantir a proteção da saúde humana e do meio ambiente estabelecendo um sistema internacional para comunicação de perigos.
- Prover um modelo reconhecido para países sem sistema.
- Reduzir a necessidade de testes e avaliações de produtos químicos.
- Facilitar o comércio internacional de produtos químicos cujos perigos tenham sido adequadamente identificados e avaliados, em uma base internacional.

O GHS aplica-se a produtos químicos (substâncias e misturas obtidas por processos químicos em laboratório ou na indústria). Não se aplica a:

- Minerais e biomassa não processados quimicamente.
- Substâncias intermediárias não isoladas.
- Produtos destinados ao utilizador final (exposição intencional), tais como medicamentos humanos e veterinários, produtos cosméticos e destinados a higiene pessoal, dispositivos médicos contendo produtos químicos, gêneros alimentícios e aditivos alimentares.
- Substâncias ou produtos radioativos.

Os princípios diretivos do processo de harmonização são:

- A proteção não deve ser reduzida.
- A classificação deve ser baseada nas propriedades intrínsecas ou perigos dos produtos químicos, considerando que o risco é igual ao perigo \times a exposição.
- Todos os tipos de produtos químicos devem ser cobertos.
- Todos os sistemas existentes devem ser modificados.
- Deve ser garantido o envolvimento de todas as partes interessadas.
- O sistema deve ser facilmente compreensível.

A compreensibilidade é um dos elementos mais importantes da comunicação de risco. O GHS pretende estabelecer um sistema de informação de fácil entendimento pelas partes interessadas. Os princípios do GHS em relação à compreensibilidade são:

- Informações devem ser fornecidas em mais de uma maneira.
- As frases usadas para indicar o grau de severidade do perigo devem ser consistentes nos diferentes tipos de perigo.
- Deve ser adotada uma padronização.

7.1.4 Normas da ABNT para o GHS

O Brasil, visando cumprir o acordo firmado na ECO 92, tem realizado ações focadas na adoção do sistema GHS.

- a) A criação de grupo de trabalho interministerial, que tem discutido a implementação no sistema no país.
- b) A revisão da norma **ABNT NBR 14725**, que em 2009 incorporou o sistema GHS em suas 4 partes.
- c) A recém publicada Portaria nº 229 do Ministério do Trabalho e Emprego, que alterou a **NR 26** e estabelece a adoção do sistema de classificação GHS e sua aplicação em FISPQ e rótulos.

A ABNT NBR 14725 foi dividida em 4 partes listadas a seguir:

ABNT NBR 14725 – 1, Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Parte 1: Terminologia.

ABNT NBR 14725 – 2, Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Parte 2: Sistema de classificação de perigo.

ABNT NBR 14725 – 3, Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Parte 3: Rotulagem.

ABNT NBR 14725 – 4, Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Parte 4: Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ).

7.2 Classificação de produtos químicos e comunicação de perigos

Produto químico perigoso é aquele que tem o potencial de causar danos e que tenha sido classificado como tal a partir de critérios previamente definidos e dados obtidos em ensaios específicos.

Não é adequado dizer “produto não perigoso” mas produto não classificado como perigoso. A princípio, qualquer material ou produto químico pode dar origem a um determinado risco.



7.2.1 Classificação quanto ao perigo

A NBR 14725 – Parte 2, trata do sistema de classificação de perigo. Define critérios de classificação de riscos e perigos dos produtos químicos, metodologia para enquadramento em cada classe de riscos para substâncias puras e compostas. O termo classificação quanto ao perigo é usado para indicar somente as propriedades perigosas intrínsecas das substâncias ou misturas. Envolve as seguintes etapas:

- a) Identificação de dados relevantes relativos aos perigos da substância ou mistura.
- b) Revisão subsequente dos dados para determinar os perigos associados com uma substância ou mistura.
- c) Decisão se a substância ou mistura será classificada como perigosa e a gradação do perigo, se isto for apropriado, por comparação dos dados com critérios previamente definidos (critérios de classificação).

Os dados utilizados nessa classificação são: propriedades físicas e químicas; propriedades toxicológicas DL 50 ou CL 50; dados e experiências com seres humanos e animais de exposições únicas ou repetidas, considerações sobre as relações estrutura-atividade **(Q)SAR**; resultados de ensaios *in vitro* validados; propriedades ecotoxicológicas e outras informações sobre possíveis impactos ambientais, e outros.

A-Z

(Q)SAR

Quantitative Structure-Activity Relationship

Com base no conhecimento da estrutura química, o modelo QSAR relaciona quantitativamente as características da substância química com a medição de uma atividade específica.

7.2.1.1 Classificação quanto aos perigos físico-químicos

Quadro 7.2: Classificação quanto aos perigos físico-químicos						
Classes	Categorias					
	Div 1.1	Div 1.2	Div 1.3	Div 1.4	Div 1.5	Div 1.6
Explosivos						
Gases inflamáveis	1	2				
Aerossóis	1	2	3			
Gases oxidantes	1					
Gases sob pressão	C	L	Rf	Ds		
Líquidos inflamáveis	1	2	3	4		
Sólidos inflamáveis	1	2				
Substâncias e misturas autorreativas	A	B	C e D	E e F	G	
Líquidos pirofóricos	1					
Sólidos pirofóricos	1					
Substâncias e misturas que autoaquecem	1	2				
Substâncias e misturas que, em contato com a água, emitem gases inflamáveis	1	2	3			
Líquidos oxidantes	1	2	3			
Sólidos oxidantes	1	2	3			
Peróxidos orgânicos	A	B	CD	EF	G	
Corrosivos para metais	1					

Fonte: Adaptado de Trivelato, 2012

7.2.1.2 Classificação quanto aos perigos à saúde humana

Quadro 7.3: Classificação quanto aos perigos à saúde humana					
Classes	Categorias				
Toxicidade aguda	1	2	3	4	5
Corrosão/irritação à pele	1	2	3		
Lesões oculares graves/irritação ocular	1	2A	2B		
Sensibilização respiratória	1AB				
Sensibilização à pele	1AB				
Mutagenicidade em células germinativas	1AB	2			
Carcinogenicidade	1AB	2			
Toxicidade à reprodução	1AB	2	Lactação		
Toxicidade para órgãos-alvos específicos – exposição única	1	2	3		
Toxicidade para órgãos-alvos específicos – exposição repetida	1	2			
Perigo por aspiração	1	2			

Fonte: Adaptado de Trivelato, 2012

7.2.1.3 Classificação dos perigos ao meio ambiente

Quadro 7.4: Classificação dos perigos ao meio ambiente				
Classes	Categorias			
Toxicidade aguda – ambientes aquáticos	1	2	3	
Toxicidade crônica – ambientes aquáticos	1	2	3	4

Fonte: Adaptado de Trivelato, 2012

7.2.1.4 Símbolos de perigo



Figura 7.4: Símbolos de perigo

Fonte: CTISM, adaptado de ABNT NBRISO 14725:2, 2010

7.2.2 Comunicação de perigos

Desenvolver um sistema harmonizado de comunicação de perigos e riscos inclui rótulos preventivos e a elaboração de Ficha de Dados de Segurança (FDS), baseados nos critérios de classificação estabelecidos pelo GHS.



Os rótulos e fichas de dados de segurança deverão ser atualizadas em relação a informação “nova e significativa” sobre os perigos de um produto químico. Entende-se por “informação nova e significativa” toda informação que modifica a classificação de acordo com o GHS da substância, ou mistura que resulte em modificação no conteúdo do rótulo, ou de qualquer informação contida na FDS relativa a medidas de controle do perigo e riscos.

7.2.2.1 Rotulagem

O rótulo é um dos meios utilizados para transferir informações essenciais e básicas sobre os riscos relativos à saúde, segurança e meio ambiente de um produto químico perigoso do fornecedor ao seu público-alvo. A NBR 14725 – Parte 3, trata dessa rotulagem.

De acordo com a NR 26, a rotulagem preventiva do produto químico classificado como perigoso a segurança e saúde dos trabalhadores deve utilizar procedimentos definidos pelo Sistema Globalmente Harmonizado de classificação e rotulagem de produtos químicos (GHS), da Organização das Nações Unidas.



A rotulagem preventiva é um conjunto de elementos com informações escritas, impressas ou gráficas, relativas a um produto químico, que deve ser afixada, impressa ou anexada à embalagem que contém o produto.

A rotulagem de produto químico perigoso deve conter as seguintes informações:

- a) Identificação do produto e telefone de emergência do fornecedor.
- b) Composição química.
- c) Pictograma de perigo.
- d) Palavra de advertência.
- e) Frases de perigo (H – de *hazard*).
- f) Frases de precaução (P) e pictogramas de precaução.
- g) Outras informações.

De acordo com a NR 26, o produto químico não classificado como perigoso à segurança e saúde dos trabalhadores, conforme o GHS, deve dispor de rotulagem preventiva simplificada que contenha, no mínimo, a indicação do nome, a informação de que se trata de produto não classificado como perigoso e recomendações de precaução quando existentes e/ou pertinentes.

Pictograma é a composição gráfica que contém um símbolo, assim como outros elementos gráficos, tais como uma borda, um motivo ou uma cor de fundo, e que serve para comunicar informações específicas.

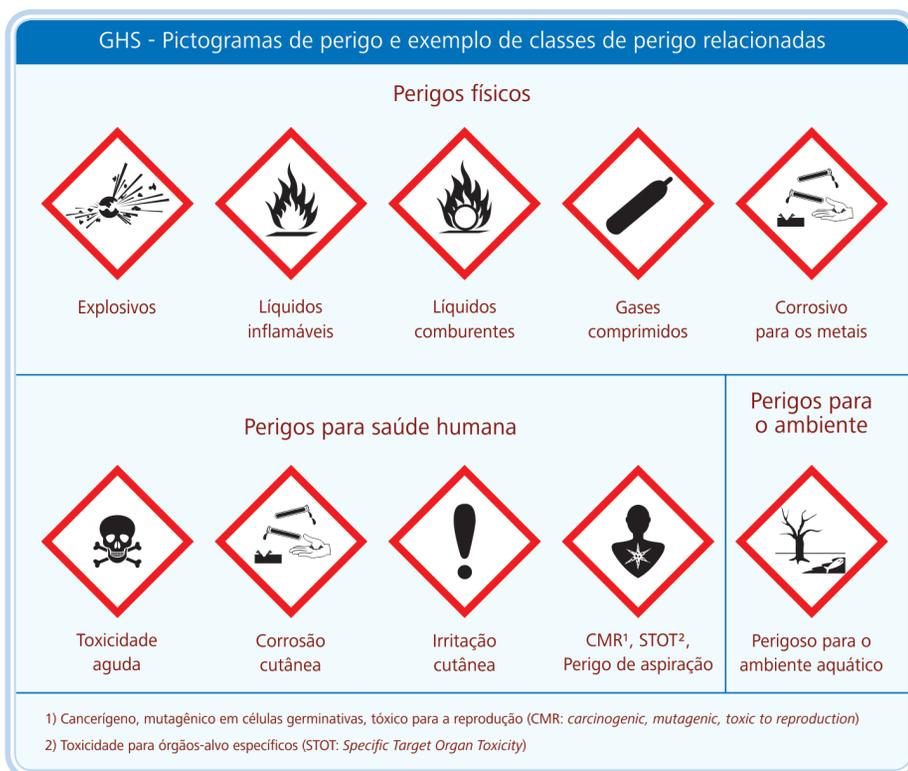


Figura 7.5: Pictogramas de perigo

Fonte: CTISM, adaptado de ABNT NBR ISO 14725:3, 2012

As palavras de advertência consistem em um vocábulo que indica o grau relativo de perigo que consta na figura do rótulo para assinalar ao leitor a existência de um perigo/risco potencial.

Palavras de advertência utilizadas no GHS são “**Perigo**” para categorias de perigo mais graves e “**Atenção**” para categorias de perigo menos graves.

As frases de perigo consistem em uma frase que, atribuída a uma categoria de perigo, descreve a natureza do perigo apresentada por um produto e, eventualmente, o grau de perigo. São exemplos de indicações de perigo:

Quadro 7.5: Frases de perigo

Código	Descrição
H200	Explosivo; instável
H201	Explosivo; perigo de explosão em massa
H202	Explosivo; perigo grave de projeção
H203	Explosivo; perigo de incêndio, deslocamento de ar ou projeções
H204	Perigo de incêndio ou projeções
H205	Perigo de explosão em massa em caso de incêndio
H220	Gás extremamente inflamável
H221	Gás inflamável
H222	Aerosol extremamente inflamável

Fonte: ABNT NBR ISO 14725:3, 2012

As frases de precaução consistem em uma frase ou um pictograma ou as duas coisas ao mesmo tempo, que descreve as medidas recomendadas que devem ser adotadas para reduzir ao mínimo ou prevenir os efeitos nocivos da exposição a um produto perigoso, em função do manuseio ou armazenamento incorreto desse produto. O rótulo deve conter no máximo seis frases de precaução, exceto se for necessário para descrever a natureza e gravidade dos perigosos.

As frases de precaução devem ser selecionadas de acordo com as categorias de perigo, propriedades específicas do produto e sua utilização pretendida, e compreendem informações sobre:

- a) Frases de precaução – geral.
- b) Frases de precaução – prevenção.
- c) Frases de precaução – resposta à emergência.
- d) Frases de precaução – armazenamento.
- e) Frases de precaução – disposição.

Quadro 7.6: Frases de precaução – Geral

Código	Descrição
P101	Se for necessário consultar um médico, tenha em mãos a embalagem ou rótulo.
P102	Mantenha fora do alcance das crianças.
P103	Leia o rótulo antes de utilizar o produto.

Fonte: ABNT NBR ISO 14725:3, 2012

Quadro 7.7: Frases de precaução – Prevenção

Código	Descrição
P201	Obtenha instruções específicas antes da utilização.
P202	Não manuseie o produto antes de ter lido e compreendido todas as precauções de segurança.
P210	Mantenha afastado do calor/faísca/chama aberta/superfície quente. – Não fume.
P211	Não pulverize sobre chama aberta ou outra fonte de ignição.
P220	Mantenha/guarde afastado de roupa/.../materiais combustíveis.
P221	Tome todas as precauções para não misturar com materiais combustíveis...
P222	Não deixe entrar em contato com o ar.
P223	Não deixe entrar em contato com água.

Fonte: ABNT NBR ISO 14725:3, 2012

Quadro 7.8: Frases de precaução – Resposta à emergência

Código	Descrição
P301	Em caso de ingestão.
P302	Em caso de contato com a pele.
P303	Em caso de contato com a pele (ou o cabelo).
P304	Em caso de inalação.
P305	Em caso de contato com os olhos.
P306	Em caso de contato com a roupa.
P307	Em caso de exposição.
P308	Em caso de exposição ou suspeita de exposição.
P310	Contate imediatamente um CENTRO DE INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICA ou um médico.

Fonte: ABNT NBR ISO 14725:3, 2012

Quadro 7.9: Frases de preocupação – Armazenamento

Código	Descrição
P401	Armazene...
P402	Armazene em local seco.
P403	Armazene em local bem ventilado.
P404	Armazene em recipiente fechado.
P405	Armazene em local fechado à chave.
P406	Armazene num recipiente resistente à corrosão/... com um revestimento interno resistente.
P407	Respeite as distâncias mínimas entre pilhas/paletes.

Fonte: ABNT NBR ISO 14725:3, 2012

Quadro 7.10: Frases de preocupação – Disposição

Código	Descrição
P501	Descarte o conteúdo/recipiente em...
P502	Solicite informações ao fabricante/fornecedor sobre a recuperação/reciclagem.

Fonte: ABNT NBR ISO 14725:3, 2012

7.2.2.2 FDS – FISPQ

O formato e conteúdo da Ficha com Dados de Segurança (FDS) do produto químico devem seguir o estabelecido pelo Sistema Globalmente Harmonizado de classificação e rotulagem de produtos químicos (GHS), da Organização das Nações Unidas.

No caso de mistura deve ser explicitado na ficha com dados de segurança o nome e a concentração, ou faixa de concentração, das substâncias que:

- a) Representam perigo para a saúde dos trabalhadores, se estiverem presentes em concentração igual ou superior aos valores de corte/limites de concentração estabelecidos pelo GHS para cada classe/categoria de perigo.
- b) Possuam limite de exposição ocupacional estabelecidos.

Os aspectos relativos à ficha com dados de segurança devem atender ao disposto NBR 14725:4/2012 que trata da Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) que é a norma técnica oficial vigente.

O empregador deve assegurar o acesso dos trabalhadores às fichas com dados de segurança dos produtos químicos que utilizam no local de trabalho. E, também, de acordo com a NR 26, os trabalhadores devem receber treinamento:

- a) Para compreender a rotulagem preventiva e a ficha com dados de segurança do produto químico.
- b) Sobre os perigos, riscos, medidas preventivas para o uso seguro e procedimentos para atuação em situações de emergência com o produto químico.

A FISPQ não é um documento confidencial, portanto não é necessário informar a composição completa do produto químico, porém, para não comprometer a saúde e a segurança dos usuários e a proteção do meio ambiente, as informações referentes ao(s) perigo(s) de ingrediente(s) ou impureza(s), ainda que consideradas confidenciais, devem ser fornecidas.

As condições adotadas para a proteção do segredo industrial não podem comprometer a saúde e a segurança dos trabalhadores ou consumidores e a proteção do meio ambiente. Por este motivo, os perigos associados aos produtos

químicos perigosos protegidos por estes critérios devem ser divulgados na FISPQ, ainda que as informações relativas à composição do produto químico perigoso não sejam completamente fornecidas.

A FISPQ deve estar escrita em uma linguagem simples, clara e rigorosa, evitando-se o uso de gírias, siglas ou abreviaturas. Expressões vagas e que induzam ao erro não podem ser usadas. Frases como “pode ser perigoso”, “não causa efeitos sobre a saúde”, “seguro na maioria das condições de uso” ou “inócuo” também não são recomendadas.



Uma FISPQ deve fornecer as informações sobre a substância ou mistura nas seções a seguir, cujos títulos-padrão, numeração e sequência não podem ser alteradas:

- a) Identificação.
- b) Identificação de perigos.
- c) Composição e informações sobre os ingredientes.
- d) Medidas de primeiros-socorros.
- e) Medidas de combate a incêndio.
- f) Medidas de controle para derramamento ou vazamento.
- g) Manuseio e armazenamento.
- h) Controle de exposição e proteção individual.
- i) Propriedades físicas e químicas.
- j) Estabilidade e reatividade.
- k) Informações toxicológicas.
- l) Informações ecológicas.
- m) Considerações sobre destinação final.

- n) Informações sobre transporte.
- o) Informações sobre regulamentações.
- p) Outras informações.

Resumo

Nessa aula, podemos entender a evolução da segurança química e a importância de um sistema globalmente harmonizado para classificação e identificação de substâncias. Conhecemos as normas da ABNT e seu conteúdo.



Atividades de aprendizagem

1. O que é o *Purple Book*.
2. Quais são as linhas de ação do PRONASQ?
3. O que é o SAICM?
4. Qual o ordenamento em termos de órgãos governamentais do GHS no Brasil?
5. Quais são os princípios de compreensibilidade do GHS?
6. Descreva a NBR (com suas partes) que incorporou o GHS.
7. Quais são as informações para rotulagem de um produto químico perigoso de acordo com a NBR 14725?
8. Dê um exemplo de uma frase de perigo.
9. Dê um exemplo de uma frase de precaução.
10. Descreva FDS e FISPQ e identifique seus itens. Os mesmos podem ser alterados ou renumerados?

Aula 8 – Transporte terrestre de produtos perigosos

Objetivos

Entender a identificação de riscos e perigos para o transporte de substâncias perigosas.

Conhecer as normas aplicáveis ao transporte terrestre de produtos perigosos.

Interpretar a sinalização de produtos perigosos para o transporte terrestre.

8.1 Conceito de risco × perigo

O perigo associado a determinada substância é avaliado em função de sua composição química. Já o risco é obtido levando-se em consideração a maneira como o perigo da substância relaciona-se com outro fator que pode ser: exposição, transporte, contato, etc.

$$\text{Perigo} \times \text{Fator} = \text{Risco}$$

Para fins de transporte, a classificação é dada em função do perigo associado à substância, ponderado com as atividades englobadas em uma operação de movimentação. Assim, conclui-se:

$$\text{Perigo} \times \text{Transporte} = \text{Risco associado ao transporte}$$

Os testes a serem realizados para a classificação de produtos perigosos para fins de transporte são os dispostos no Manual de Ensaios e Critérios da ONU.

8.2 Classificação GHS × classificação para o transporte

A classificação e os símbolos dos produtos para o GHS e para o transporte de produtos perigosos, não necessariamente serão os mesmos. Dessa forma, é importante compreender que apesar do transporte de produtos perigosos e

do GHS tratarem de classificação e sinalização de risco e perigo, o escopo de aplicação e o objetivo de ambos os sistemas são diferentes.



Para fins de transporte, a alocação em classes de risco é realizada principalmente em função do único risco físico presente, ou do mais sério, no caso de haver riscos múltiplos. Para fins do GHS, devem ser apresentados os perigos correspondentes aos perigos físicos nos mesmos moldes do utilizado na classificação para transporte, também os perigos à saúde e ao meio ambiente (ALVIM e AMORIM, 2010).

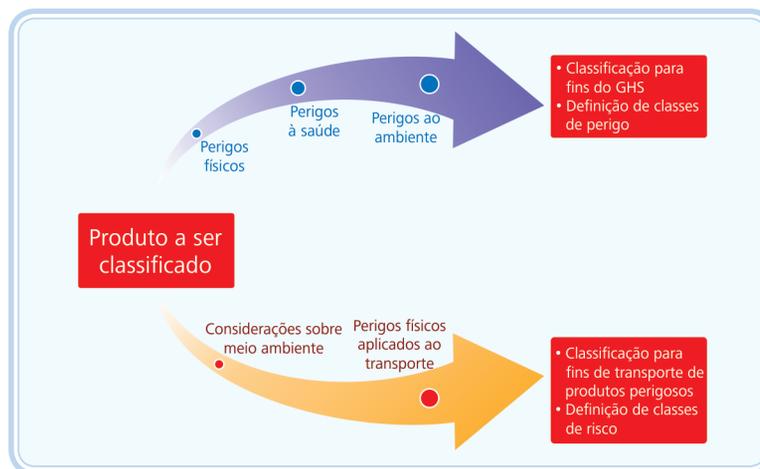


Figura 8.1: classificação GHS × classificação para o transporte

Fonte: CTISM, adaptado de ALVIM e AMORIM, 2010

Para fins do escopo do GHS, os líquidos são considerados inflamáveis em função de seu ponto de fulgor. Nesse sentido, o GHS classifica um líquido inflamável em quatro categorias:

Quadro 8.1: Classificação GHS para líquidos inflamáveis	
Categoria	Critério
1	Ponto de fulgor < 23°C e temperatura inicial de ebulição ≤ 35°C
2	Ponto de fulgor < 23°C e temperatura inicial de ebulição > 35°C
3	Ponto de fulgor ≥ 23°C e ≤ 60°C
4	Ponto de fulgor > 60°C e ≤ 93°C

Fonte: ALVIM e AMORIM, 2010

Para fins de transporte, líquidos inflamáveis são considerados perigosos somente se apresentam ponto de fulgor de até 60,5°C, em ensaio de vaso fechado, ou até 65,6°C, em ensaio de vaso aberto. Todavia, caso apresentem ponto de fulgor maior do que 35°C, mas não mantenham a combustão, esses líquidos não precisam ser considerados inflamáveis para fins de transporte (Resolução ANTT nº 420/04).

Levando-se em conta a ressalva realizada pela legislação de transporte, entende-se não haver incoerência no caso de certo líquido ser classificado como inflamável nos termos do GHS e não inflamável para transporte.

Cabe analisar, também, a questão dos riscos à saúde e ao meio ambiente, que são considerados para que se proceda a classificação de acordo com o GHS. Certos produtos podem apresentar não só perigos à saúde (como irritação da pele e dos olhos), como também, perigo ao meio ambiente (como toxicidade aquática) sem serem, por tais motivos, perigosos para o transporte.

Por último, mas não encerrando todas as possibilidades, cabe apontar o caso de um produto apresentar perigo físico e perigo à saúde em termos do GHS, mas somente o perigo físico é considerado em termos de transporte (ALVIM; AMORIM, 2010).

8.3 Regulamento brasileiro para o transporte terrestre de produtos perigosos

Transporte de produtos perigosos é o deslocamento de um produto perigoso de um ponto de origem até um ponto de destino em veículo e/ou embalagens apropriados, utilizando técnicas e cuidados especiais preconizados por legislação específica.



A Lei 10.233, de 5 de junho de 2001, ao promover uma reestruturação no setor federal de transporte, estabeleceu que compete à ANTT regulamentar o transporte de cargas e produtos perigosos em rodovias e ferrovias.

O regulamento brasileiro do transporte rodoviário de produtos perigosos baseia-se nas recomendações do Comitê de Peritos em Transporte de Produtos Perigosos das Nações Unidas, que são atualizadas periodicamente, e publicadas no Regulamento Modelo conhecido como *Orange Book*, bem como no Acordo Europeu para o Transporte Rodoviário.

O transporte rodoviário, por via pública, de produtos que sejam perigosos, por representarem risco para a saúde de pessoas, para a segurança pública ou para o meio ambiente, é submetido às regras e aos procedimentos estabelecidos pelo Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos, Resolução ANTT nº 3665/11 e alterações, complementado pelas Instruções aprovadas pela Resolução ANTT nº 420/04 e suas alterações, sem prejuízo do disposto nas normas específicas de cada produto.

Os documentos citados especificam exigências detalhadas aplicáveis ao transporte rodoviário de produtos perigosos, estabelecendo prescrições referentes à classificação do produto, marcação e rotulagem das embalagens, sinalização das unidades de transporte, documentação exigida entre outras.

A Resolução ANTT nº 420/04 foi resultado da análise da equipe técnica da ANTT, tendo como parâmetro as recomendações internacionalmente praticadas, bem como, as contribuições encaminhadas pelos agentes envolvidos em toda a cadeia dessa atividade, quando da submissão do texto da referida resolução a processos de audiência pública.

A ABNT é responsável por estabelecer um padrão para procedimentos, equipamentos e documentos, como colocação dos painéis de risco, ficha de emergência e envelope, conjunto de equipamentos para situação de emergência (EPI), entre outros. Esses padrões são aprovados pelo Poder Público, que fiscaliza se essas normas estão sendo cumpridas, sob a possibilidade de aplicar multas e autuações quando não seguidas de forma correta (OLIVEIRA; CARDOSO, 2012).

NBR 7500 – Identificação para o transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento de produtos: estabelece a simbologia convencional para produtos perigosos e o seu dimensionamento, a ser aplicada nas unidades de transporte e nas embalagens, a fim de indicar os riscos e os cuidados a serem tomados no transporte terrestre, manuseio, movimentação e armazenamento, de acordo com a carga contida. As determinações dessa norma são aplicadas a todos os tipos de transporte. Na NBR 7500 estão as características complementares ao uso dos rótulos de risco, dos painéis de segurança, dos rótulos especiais e dos símbolos de risco e de manuseio, bem como a identificação das unidades de transporte e o emprego de rótulos nas embalagens de produtos perigosos, discriminados na Portaria nº 204 do Ministério dos Transportes. A norma também determina a identificação das embalagens e os símbolos de manuseio e de armazenamento para os produtos classificados como não perigosos para transporte.

NBR 7501 – Transporte terrestre de produtos perigosos - Terminologia: define os termos empregados no transporte terrestre de produtos perigosos.

NBR 7503 – Ficha de emergência e envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos – Características, dimensões e preenchimento: especifica os requisitos e as dimensões para a confecção da ficha de emergência e do

envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos, bem como as instruções para o preenchimento desta ficha.

NBR 9735 – Conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos: estabelece o conjunto mínimo de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos, constituído de equipamento de proteção individual, a ser utilizado pelo motorista e pessoal envolvido (se houver) nas operações de transporte do veículo, equipamentos para sinalização e isolamento da área de ocorrência (avaria, acidente e/ou emergência) e extintor de incêndio portátil.

NBR 13221 – Transporte terrestre de resíduos: especifica os requisitos para o transporte terrestre de resíduos, de modo a evitar danos ao meio ambiente e a proteger a saúde pública.

NBR 14619 – Transporte terrestre de produtos perigosos – Incompatibilidade química: estabelece os critérios de incompatibilidade química a serem considerados no transporte terrestre de produtos perigosos.

Também existem regulamentos técnicos do INMETRO. Constituem-se de uma série de procedimentos de qualidade que estão ligados basicamente ao transporte a granel de produtos perigosos, de IBCs (contentor), tanques portáteis, embalagens que são remanufaturadas e recondiçionadas (OLIVEIRA; CARDOSO, 2012).

Além de seguir todas essas normas e legislações, as empresas que transportam produtos perigosos pelo modal rodoviário precisam anualmente enviar para o DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes o seu fluxo de carga (OLIVEIRA; CARDOSO, 2012).

8.4 Classificação dos produtos perigosos

Os produtos perigosos são classificados pela Organização das Nações Unidas (ONU) em nove classes de riscos e respectivas subclasses, conforme apresentado no Quadro 8.2.

Quadro 8.2: Classificação ONU para transporte de produtos perigosos

Subclasse	Descrição de substância ou artigo
Classe 1 – Explosivos	
1.1	Substâncias ou produtos com risco de explosão em massa.
1.2	Substâncias ou produtos com risco de projeção, mas sem risco de explosão em massa.
1.3	Substâncias ou produtos com risco de ignição e risco de pequenos efeitos de onda de choque ou projeção, ou ambos, mas sem risco de explosão em massa.
1.4	Substâncias ou produtos que não apresentam risco considerável.
1.5	Substâncias ou produtos muito insensíveis, com risco de explosão em massa.
1.6	Produtos extremamente insensíveis, sem risco de explosão em massa.
Classe 2 – Gases	
2.1	Gases inflamáveis.
2.2	Gases não inflamáveis, não tóxicos.
2.3	Gases tóxicos (venenosos).
Classe 3 – Líquidos inflamáveis	
-	Líquidos inflamáveis: com ponto de fulgor baixo: inferior a -18°C.
-	Líquidos inflamáveis: com ponto de fulgor médio: igual ou superior a -18°C e inferior a 23°C.
-	Líquidos inflamáveis: com ponto de fulgor alto: igual ou superior a 23°C porém não superior a 61°C.
Classe 4 – Sólidos inflamáveis, substâncias sujeitas a combustão espontânea, substâncias que em contato com a água emitem gases inflamáveis	
4.1	Sólidos sujeitos a rápida combustão imediata e sólidos que podem causar ignição mediante fricção; autorreativos e substâncias relacionadas; explosivos neutralizados
4.2	Substância sujeitas á combustão espontânea
4.3	Substâncias que, em contato com água, emitem gases inflamáveis
Classe 5 – Substâncias oxidantes e peróxidos orgânicos	
5.1	Substâncias oxidantes
5.2	Peróxidos Orgânicos
Classe 6 – Substâncias tóxicas e substâncias infectantes	
6.1	Substância tóxicas
6.2	Substâncias infectantes.
Classe 7 – Material radioativo	
Classe 8 – Substâncias corrosivas	
Classe 9 – Substâncias perigosas diversas	

Fonte: Anexo V da NR 29, Segurança e Medicina do Trabalho, 2013

A classificação de uma substância em uma das classes de risco, apresentadas, é realizada por meio de critérios técnicos, os quais estão definidos na legislação do transporte rodoviário de produtos perigosos.

8.5 Identificação dos produtos perigosos

A identificação de produtos perigosos para o transporte rodoviário é realizada por meio da simbologia de risco, composta por um painel de segurança, de cor alaranjada, e um rótulo de risco. Estas informações obedecem aos padrões técnicos definidos na legislação do transporte de produtos perigosos.

As informações inseridas no painel de segurança e no rótulo de risco, conforme determina a legislação, abrangem o número de risco e o número da ONU, no painel de segurança, e o símbolo de risco e a classe/subclasse de risco no rótulo de risco, conforme pode ser observado na Figura 8.2.



Figura 8.2: Exemplo de painel de segurança e rótulo de risco

Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2011

8.5.1 Números de risco

Conforme pode ser observado na Figura 8.2, o número de risco é fixado na parte superior do painel de segurança e pode ser constituído por até três algarismos (mínimo de dois), que indicam a natureza e a intensidade dos riscos, conforme estabelecido na Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004, da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT)/Ministério dos Transportes.

Quadro 8.3: Número principal de risco

Algarismo	Significado
2	Desprendimento de gás devido à pressão ou reação química.
3	Inflamabilidade de líquidos (vapores) e gases ou líquidos sujeitos a autoaquecimento.
4	Inflamabilidade de sólidos ou sódio sujeito a autoaquecimento.
5	Efeito oxidante (intensifica o fogo).
6	Toxicidade ou risco de infecção.
7	Radioatividade.
8	Corrosividade.
9	Risco de violenta reação espontânea.
X	Substância que reage perigosamente com água (utilizando como prefixo do código numérico).

Fonte: ANTT, 2004

O número de risco permite determinar imediatamente o risco principal (primeiro algarismo) e os riscos subsidiários do produto (segundo e terceiro algarismos); as diferentes combinações, que formam os diferentes números de risco, estão apresentadas no Quadro 8.4.

Quadro 8.4: Número de risco – combinações

Nº de Risco	Significado
20	Gás asfixiante ou gás sem risco subsidiário.
22	Gás liquefeito refrigerado, asfixiante.
223	Gás liquefeito refrigerado, inflamável.
225	Gás liquefeito refrigerado, oxidante (intensifica o fogo).
23	Gás inflamável.
239	Gás inflamável, pode conduzir espontaneamente à violenta reação.
25	Gás oxidante (intensifica o fogo).
26	Gás tóxico.
263	Gás tóxico, inflamável.
265	Gás tóxico, oxidante (intensifica o fogo).
268	Gás tóxico, corrosivo.
30	Líquido inflamável ($23^{\circ}\text{C} \leq \text{PFg} \leq 60,5^{\circ}\text{C}$), ou líquido ou sólido inflamável em estado fundido com $\text{PFg} > 60,5^{\circ}$, aquecido a uma temperatura igual ou superior a seu PFg, ou líquido sujeito a autoaquecimento.
323	Líquido inflamável, que reage com água, desprendendo gases inflamáveis.
X323	Líquido inflamáveis, que reage perigosamente com água, desprendendo gases inflamáveis (*).
33	Líquido muito inflamável ($\text{PFg} < 23^{\circ}\text{C}$).
333	Líquido pirofórico.
X333	Líquido pirofórico, que reage perigosamente com água (*).
336	Líquido altamente inflamável, tóxico.
338	Líquido altamente inflamável, corrosivo.
X338	Líquido altamente inflamável, corrosivo, que reage perigosamente com água (*).
339	Líquido altamente inflamável, pode conduzir espontaneamente a violenta reação.

(*) Não usar água, exceto com a aprovação de um especialista.

Fonte: ANTT, 2004

Na Figura 8.3 são apresentados exemplos da aplicação da metodologia de identificação dos números de risco.

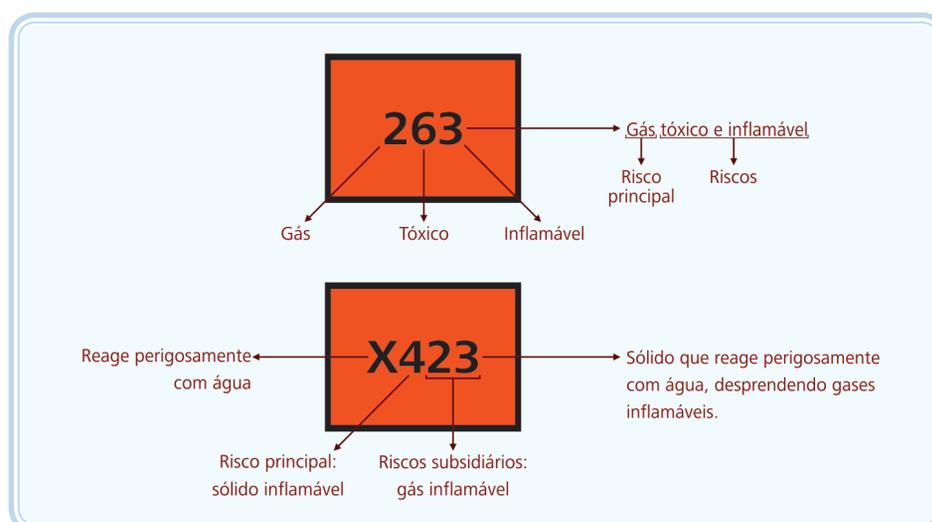


Figura 8.3: Identificação dos números de risco

Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004

8.5.2 Número de identificação do produto ou número da ONU

Trata-se de um número composto por quatro algarismos, que deve ser fixado na parte inferior do painel de segurança, servindo para a identificação de uma determinada substância ou artigo classificado como perigoso. Na Figura 8.4 são apresentados exemplos da aplicação do nº ONU no painel de segurança, a ser utilizado em veículo transportador de produtos perigosos.

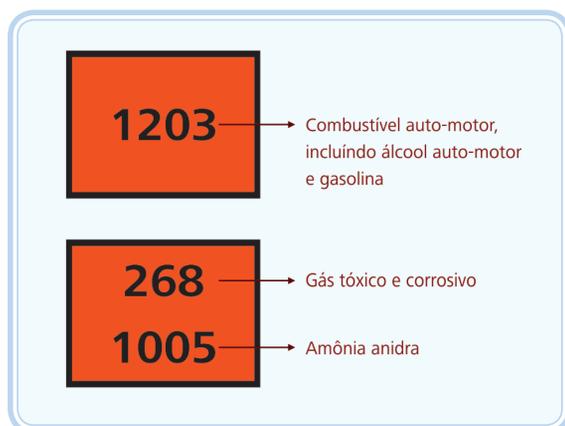


Figura 8.4: Painel de segurança

Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004

8.5.3 Rótulo de risco

Toda embalagem confiada ao transporte rodoviário deve portar o rótulo de risco, cujas dimensões devem ser estabelecidas de acordo com a legislação/normatização vigente.

O rótulo de risco utilizado no transporte deve ser correspondente à classe ou subclasse de risco do produto. Os números das classes e subclasses são fixados na parte inferior dos rótulos de risco e ou discriminados em campo específico constante nos documentos fiscais portados pelo condutor do veículo.

Os rótulos de risco têm a forma de um quadrado, colocado num ângulo de 45° (forma de losango), podendo conter símbolos, figuras e/ou expressões emolduradas, referentes à classe/subclasse do produto perigoso. Na Figura 8.5 é mostrada a forma de aplicação do símbolo, texto e número da classe/subclasse no rótulo de risco.

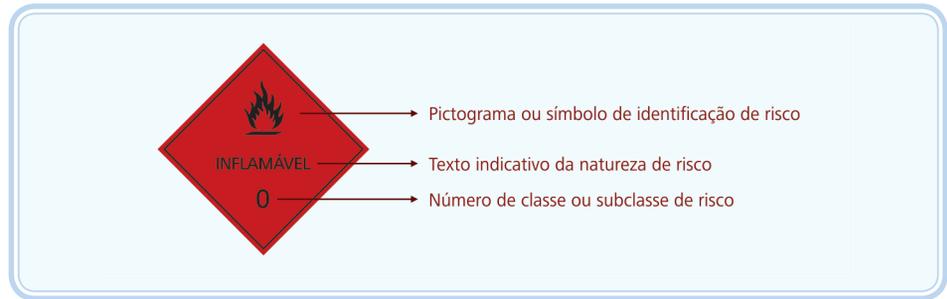


Figura 8.5: Rótulos de risco
 Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004



Figura 8.6: Rótulos de risco da classe 1 – explosivos
 Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004



Figura 8.7: Rótulos de risco da classe 2 – gases
 Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004



Figura 8.8: Rótulos de risco da classe 3 – líquidos inflamáveis

Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004



Figura 8.9: Rótulos de risco da classe 4 – sólidos inflamáveis

Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004



Figura 8.10: Rótulos de risco da classe 5 – substâncias oxidadnte e peróxidos orgânicos

Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004



Figura 8.11: Rótulos de risco da classe 6 – substâncias tóxicas e substâncias infectantes
 Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004



Figura 8.12: Rótulos de risco da classe 7 – materiais radioativos
 Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004



Figura 8.13: Rótulos de risco da classe 8 – substâncias corrosivas
 Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004

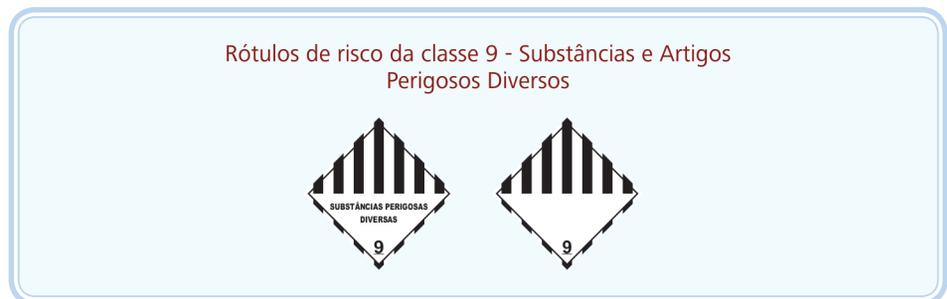


Figura 8.14: Rótulos de risco da classe 9 – substâncias a artigos perigosos diversos
 Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004

Volumes contendo substâncias que apresentem risco para o meio ambiente, que se enquadrem nos números ONU 3077 e 3082, devem ser marcados com a simbologia apresentada na Figura 8.15, à exceção de embalagens singelas e embalagens combinadas, desde que tais embalagens singelas ou as embalagens internas das embalagens combinadas possuam capacidade:

- a) Igual ou inferior a 5 L, para líquidos.
- b) Igual ou inferior a 5 kg, para sólidos.



Figura 8.15: Símbolo de risco

Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004

8.5.4 Sinalização de segurança

O veículo que transporta produtos perigosos, conforme a legislação vigente deve fixar a sua sinalização na frente (painel de segurança, do lado esquerdo do motorista), na traseira (painel de segurança, do lado esquerdo do motorista) e nas laterais (painel de segurança e o rótulo indicativo da classe ou subclasse de risco) colocados do centro para a traseira, em local visível. Quando a unidade de transporte a granel trafegar vazia, sem ter sido descontaminada, está sujeita às mesmas prescrições que a unidade de transporte carregada devendo portanto, estar identificada com os rótulos de risco e os painéis de segurança conforme pode ser observado na Figura 8.16.

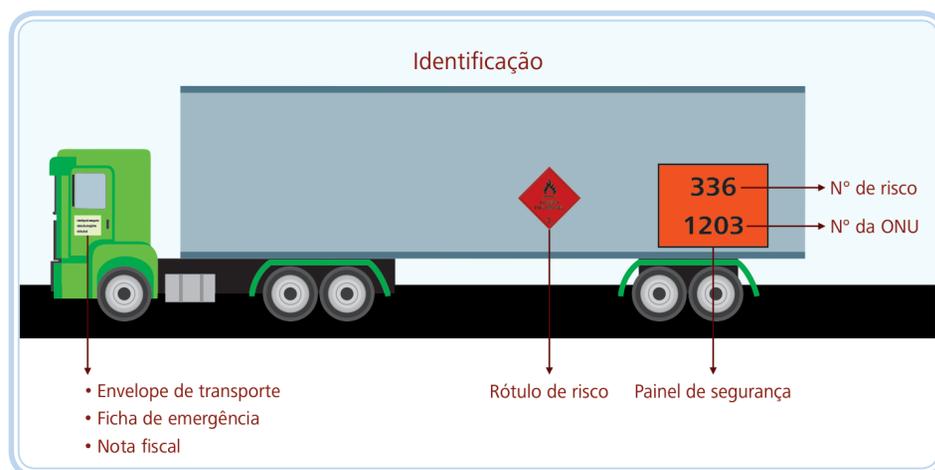


Figura 8.16: Posição painéis de segurança no caminhão

Fonte: CTISM, adaptado de ANTT, 2004

8.6 Fichas de emergência e envelope

A BR 7503 trata da ficha de emergência e envelope para o transporte terrestre de produtos perigosos – características, dimensões e preenchimento. O Decreto nº 96044 de 18 de maio de 1988 trata do Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos. Com relação a documentação, o Art. 22 ... os veículos que estejam transportando produto perigoso ... só poderão circular pelas vias públicas portando:

III - Ficha de Emergência e Envelope para o Transporte, emitidos pelo expedidor, de acordo com as NBR 7503, NBR 7504 e NBR 8285, preenchidos conforme instruções fornecidas pelo fabricante ou importador do produto transportado, contendo:

A ficha de emergência é destinada as equipes de atendimento a emergência. As informações ao motorista devem estar descritas exclusivamente no envelope para transporte.

O papel deve ser branco, tamanho A4 (210 mm × 297 mm), carta (216 mm × 279 mm) ou ofício (216 mm × 355 mm), com gramatura de 75 g/m² a 90 g/m². A ficha de emergência deve ser impressa em uma única folha, não podendo ser plastificada. Toda a impressão deve ser na cor preta, com exceção da tarja, que deve ser na cor vermelha, com largura mínima de 5 mm e comprimento mínimo de 250 mm. O padrão da cor da tarja está estabelecido na NBR 7500. A largura mínima entre as faixas deve ser de 188 mm. A impressão deve ser feita em fonte legível, similar à arial, corpo mínimo 10, sendo que os títulos FICHA DE EMERGÊNCIA, RISCOS e EM CASO DE ACIDENTE devem estar em letras maiúsculas (caixa-alta).

Estas informações devem ser impressas (em gráfica ou em impressora de computador). São permitidas cópias, desde que mantido o padrão definido nessa norma. O idioma a ser usado deve ser o oficial do Brasil. Não é permitido o uso de etiquetas na ficha de emergência. Pode haver variação na pontuação dos textos, desde que não seja comprometido o entendimento das informações.



Para saber mais sobre ficha de emergência, acesse: <http://www.banasqualidade.com.br/2012/portal/conteudo.asp?secao=artigos&codigo=16049>

Para cada produto classificado de acordo com a numeração ONU, deve ser elaborada uma única ficha de emergência, ou seja, não é permitida a utilização de uma ficha de emergência contendo vários produtos com números ONU diferentes. Para diferentes produtos com mesmo número ONU, mesmo nome para embarque, mesmo estado físico, mesmo grupo de embalagem e mesmo número de risco, pode ser usada a mesma ficha de emergência, desde que sejam aplicáveis as mesmas informações de emergência.

A ficha de emergência relativa ao produto que está sendo transportado deve estar dentro do envelope para transporte. Deve haver no mínimo um envelope para cada expedidor, contendo as fichas de emergência dos produtos expedidos por ele. A unidade de transporte compartimentada, transportando concomitantemente mais de um dos seguintes produtos: etanol (álcool etílico), óleo diesel, gasolina ou querosene, a granel, deve portar fichas de emergências correspondentes a cada produto transportado. As fichas de emergência elaboradas para produtos não perigosos (não obrigatórias) podem ter qualquer formato.

Quanto aos requisitos do envelope, deve ser confeccionado em papel produzido pelo processo Kraft ou similar, nas cores ouro (pardo), puro ou natural, com gramatura mínima de 80 g/m² e tamanho de 190 mm x 250 mm com tolerância de ±15 mm. Toda impressão do envelope deve ser na cor preta. A logomarca da empresa pode ser impressa em qualquer cor. Não é permitido o uso de etiquetas no envelope. Pode haver variação na pontuação dos textos, desde que não seja comprometido o entendimento das informações.

O envelope deve conter a ficha de emergência apenas do produto que está acondicionado na unidade de transporte. No caso de transporte de ácido fluorídrico, o guia de tratamento médico e o guia para primeiros socorros, previstos na NBR 10271, devem estar também dentro do envelope, acompanhando a ficha de emergência. O envelope pode conter também laudos técnicos dos produtos, documentos fiscais ou outros documentos relacionados aos produtos transportados. Ele deve ser usado para as fichas de emergência com tarja vermelha, podendo também ser usado para produto não classificado como perigoso (ficha com tarja verde).

8.7 Equipamentos para emergências no transporte de produtos perigosos

O Decreto nº 96044 de 18 de maio de 1988, Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos, estabelece para os veículos e equipamentos, no Art. 3º “Os veículos utilizados no transporte de produto perigoso deverão portar o conjunto de equipamentos para situações de emergência indicado por Norma Brasileira (NBR 9735) ou, na inexistência desta, o recomendado pelo fabricante do produto”.

A NBR 9735 estabelece o conjunto de equipamentos para emergências no transporte terrestre de produtos perigosos:

- Equipamentos para sinalização, isolamento da área de ocorrência.
- Extintores de incêndio.
- Equipamentos de proteção individual.

Os EPIs consistem em: luva, capacete, óculos de segurança para produtos químicos, macacão ou calça e jaqueta de PVC e máscara semifacial ou facial com filtro para vapores orgânicos e gases ácidos, combinado com filtro mecânico, protetor facial. Vestuário: calça, camisa e bota. Os veículos que transportam produtos perigosos deverão portar pelo menos um conjunto completo de EPI para cada pessoa (motorista e ajudantes). Desse modo, a presença de caronas pode resultar em infração de transporte, além de colocar em risco a vida deles. Os EPI deverão estar higienizados e identificados com o nome do fabricante e número do certificado de aprovação.

8.8 Incompatibilidade química

Consideram-se incompatíveis, para fins de transporte conjunto, produtos que, postos em contato entre si, apresentem alterações das características físicas ou químicas originais de qualquer deles, gerando risco de provocar explosão, desprendimento de chama ou calor, formação de compostos, misturas, vapores ou gases perigosos.

Os critérios de incompatibilidade previstos na norma da ABNT 14619 não são exclusivos, sendo que os embarcadores devem, de acordo com as características específicas dos produtos perigosos ou não perigosos para o transporte, fazer as considerações necessárias e aplicar relações de incompatibilidade não previstas nas tabelas da norma, desde que mais rígidas.



Para saber mais sobre Incompatibilidade química, acesse:

http://www.guiadotrc.com.br/guiaperig/tabela_incompatibilidade.xls

Resumo

Nessa aula, aprendemos sobre riscos e perigos para o transporte. Conhecemos as principais normas para o transporte terrestre de produtos perigosos e seu conteúdo. Aprendemos a identificar a sinalização de segurança para o transporte terrestre de produtos perigosos.

Atividades de aprendizagem



1. Em função de que é realizada a classificação de uma substância para o transporte, segundo o GHS?
2. O que é líquido inflamável para transporte segundo a ANTT 420/04?
3. O que é e para que é utilizado o *Orange Book*?
4. Quais são as principais normas da ABNT aplicáveis ao transporte terrestre de produtos perigosos?
5. Quantas e quais são as classes da ONU para transporte de produtos perigosos?
6. Quais são as indicações no painel de segurança e no rótulo de risco?
7. Explique o número de risco da ONU.
8. O que são as fichas de emergência para transporte e para que servem?
9. O que é envelope de segurança para transporte e para que serve?
10. Descreva os equipamentos para emergência no transporte de produtos perigosos.
11. Os produtos perigosos podem ser transportados juntos no mesmo veículo quando estiverem com suas fichas de emergência completas? Qual norma regula essa questão?

Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14725:1**. Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14725:2**. Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 2: Sistema de classificação de perigo. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14725:3**. Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 3: Rotulagem. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14725:4**. Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente. Parte 4: Ficha de Informação de Segurança sobre Produtos Químicos (FISPQ). Rio de Janeiro, 2012.

ALVIM, T. F.; AMORIM, R. L. O sistema globalmente harmonizado de classificação e rotulagem de substâncias químicas – GHS e a legislação brasileira de transporte terrestre de produtos perigosos. **Revista ANTT**, v. 2, n.1, 2010.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Resolução nº 420/2004**. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/1420/Resolucao_420.html>. Acesso em: 14 ago. 2013.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Cartilha sobre Agrotóxicos**. 2011.

AYALA, J. D. **Química de ácidos e bases**. Notas de aula. Universidade Federal de Minas Gerais, 2003. Disponível em: <<http://qui.ufmg.br/~ayala/matdidatico/acidobase.pdf>>. Acesso em: 12 ago. de 2013.

BOETCHER, M. L. **Cromo**: aspectos toxicológicos e ocupacionais. 2008. Trabalho de conclusão de curso. Ciências Farmacêuticas, FEEVALE, Novo Hamburgo, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao chumbo metálico**. Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Câncer relacionado ao trabalho**: leucemia mielóide aguda – síndrome mielodisplásica decorrente da exposição ao benzeno. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância do câncer ocupacional e ambiental**. Rio de Janeiro: INCA, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Norma de vigilância da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mercurio**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/mercurio>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego. **Norma regulamentadora 29**: Segurança e saúde no trabalho portuário. Portaria SSST, nº 53, 17 de dezembro de 1997. DOU 29/12/1997.

BUSCHINELLI, J. T.; KATO, M. **Manual para interpretação de informações sobre substâncias químicas**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2011.

CARDOSO, L. M. N. **Legislação sobre o uso do benzeno nos laboratórios**. UNICAMP, 2011. Disponível em: <<http://foruns.bc.unicamp.br/Arquivos%20Biblioteca%20Virtual/Palestras/Forum%2003%2005%202011/Usodebenzenoemlaborat%C3%B3rios%20unicamp%202011.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2013.

CARDOSO, M. L. **Metais pesados**. 2008. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/quimica/metais-pesados/>>. Acesso em: 12 abr. 2013.

CHASIN, A. A. M.; LIMA, I. V. **Toxicologia para químicos**. Minicursos CRQ-IV, 2010. Disponível em: <http://www.crq4.org.br/sms/files/file/toxicologia_mini2010.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2013.

COSTA, L. C. A.; ROHLFS, D. B. **O mercúrio e suas consequências para a saúde**. 2010. Programa de Pós-Graduação em Biociências Forenses. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Disponível em: <<http://www.cpgls.ucg.br/ArquivosUpload/1/File/V%20MOSTRA%20DE%20PRODUO%20CIENTIFICA/SAUDE/70.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2013.

FERREIRA, A. S.; MENDES, A.; CRUZ, C. **Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs)**. Trabalho da disciplina de Toxicologia Mecanística. (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, 2008. Disponível em: <http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0708/g8_hap/index.html>. Acesso em: 20 maio 2013.

GOUVEIA, R. O que é um sensor de sulfeto de hidrogênio. **Mecânica industrial**, março de 2012. Disponível em: <<http://www.mecanicaindustrial.com.br/conteudo/242-o-que-e-um-sensor-de-sulfeto-de-hidrogenio>>. Acesso em: 18 maio 2013.

IFA. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. GESTIS Substance Database. Disponível em: <[http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/041400.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis-en.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_en/041400.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0)>. Acesso em: 12 ago. 2013.

KLAASSEN, C. D.; WATKINS III, I. B. **Fundamentos em toxicologia**. Porto Alegre: AMGH, 2012.

LEITE, E. M. A.; AMORIM, L. C. A. **Toxicologia geral**. Nota de aula, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003. Disponível em: <<http://www.farmacia.ufmg.br/lato/Apostila%20Toxicologia%20Geral%20.doc>>. Acesso em: 03 abr. 2013.

LEITE, L. A. C. **Fundamentos de toxicologia**. 2011. Disponível em: <http://www.saude.es.gov.br/download/Apoio_Fundamentos_em_Toxicologia_Lauro_Leite.pdf>. Acesso em: 18 maio 2013.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil**: um guia para ação em defesa da vida. Rio de Janeiro: AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011.

MACEDO, R. B. **Segurança, saúde, higiene e medicina do trabalho**. Curitiba, PR: IESDE Brasil, 2012.

MANUAIS DE LEGISLAÇÃO ATLAS. **Segurança e medicina do trabalho**. São Paulo: Atlas, 2013.

MORAES, E. C. F.; SZNELWAR, R. B.; FERNICOLA, N. A. G. G. **Manual de toxicologia analítica**. São Paulo: Roca, 1991.

OLIVEIRA, D. C.; CARDOSO, P. Seminário, em São Paulo, discute o manuseio e o transporte de produtos perigosos. **Revista Logweb**, n. 128, 14 de outubro de 2012. Disponível em: <<http://www.logweb.com.br/novo/conteudo/noticia/30537/seminrio-em-so-paulo-discute-o-manuseio-e-o-transporte-de-produtos-perigosos/>>. Acesso em: 10 maio 2013.

PASCALICCHIO, A. E. **Contaminação por metais pesados**: saúde pública e medicina ortomolecular. São Paulo: Annablume, 2002.

QUEIROZ, S. **Tratado de toxicologia ocupacional**. São Paulo: Biblioteca 24 x 7, 2010.

QUIUMENTO, F. **Ácido clorídrico**: aplicações. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/scientiaestpotentiaplus/home>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

RIBEIRO, F. S. N. (Org.). **Diretrizes para a vigilância do câncer relacionado ao trabalho**. Rio de Janeiro: INCA, 2012.

RIBEIRO, H. M. **Cadernos de medicina do trabalho**: solventes. João Pessoa: Ministério do Trabalho e Emprego, 2010.

SILVA, D; MARTINS, R. **Benzeno e derivados**: contaminação ocupacional e ambiental. Trabalho da disciplina de Toxicologia Mecânica. (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas)–Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, 2004. Disponível em: <<http://www.ff.up.pt/toxicologia/monografias/ano0304/Benzeno/>>. Acesso em: 20 maio 2013.

SOUZA, R. P.; PAULA, J. N. L. M. **O benzeno e a saúde humana**: a normatização para sua utilização. Programa de Pós-Graduação em Biociências Forenses. Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiás, 2011.

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

TRAPÉ, A. Z. **Efeitos toxicológicos e registro de intoxicações por agrotóxicos**. UNICAMP, 2004. Disponível em: <www.feagri.unicamp.br/tomates/pdfs/eftoxic.pdf>. Acesso em: 12 maio 2013.

TRIVELATO, G. C. **Classificação de produtos químicos e comunicação de perigos**. FUNDACENTRO-MG, 2012. Disponível em: <<http://pisast.saude.gov.br:8080/pisast/saude-ambiental/vigidesastres/desastres-de-origem-antropogenica/cursos-e-capacitacoes/capaci>>

tacoes-2012/Trivelato2012_Classificacao%20Produtos%20Quimicos%20e%20Comunicacao%20de%20Perigo%20-%20versao%20resumida.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2013.

YAMANAKA, E. S. **Dossiê Técnico**: fabricação de desengordurantes biodegradáveis. UNESP, 2012.

ZACARIAS, C. H. Exposição ocupacional a cianetos: uma breve revisão. **Revista Itertox de toxicologia, risco ambiental e sociedade**, v. 2, n. 3, jul./out. 2009.

Currículo do professor-autor



Janis Elisa Ruppenthal é professora do Departamento de Engenharia de Produção do Centro de Tecnologia da UFSM. Engenheira Química, Engenheira de Segurança do Trabalho e Mestre em Engenharia de Produção pela UFSM. Doutora em Engenharia de Produção pela UFSC. Trabalhou como perita da Justiça do Trabalho e assistente técnica da Procuradoria Jurídica Federal da UFSM. Atua em projetos de pesquisa e orientação de alunos do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSM, além de ministrar aulas nos cursos de graduação em Engenharia e do curso Técnico em Segurança do Trabalho do CTISM.