

GUILHERME STOCO

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO, TOLUENO E XILENO DE
UM GRUPO HOMOGÊNEO DE FUNCIONÁRIOS DE UM PÁTIO DE
AERONAVES.

São Paulo

2015

GUILHERME STOCO

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO, TOLUENO E XILENO DE
UM GRUPO HOMOGÊNEO DE FUNCIONÁRIOS DE UM PÁTIO DE
AERONAVES.

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de
Especialista em Engenharia de
Segurança do Trabalho.

São Paulo

2015

DEDICATÓRIA

Dedico aos amigos e professores que direta ou indiretamente nos auxiliaram e nos deram apoio para confecção deste Trabalho.

“Ainda que se jactem de possuir a arte de dominar todos os minerais, tão pouco consegue salvar-se sempre da ação nociva daqueles, pois frequentemente são atingidos por danos semelhantes aos sofridos por outros artífices que trabalham com minerais...”

Bernardino Ramazzini

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com objetivo de caracterizar a possível exposição a hidrocarbonetos aromáticos, cadeia carbônica que compõe os produtos químicos, Benzeno, Tolueno e Xilenos, oriundos da combustão incompleta de combustível de aeronaves, em trabalhadores aeroportuários do Aeroporto de Congonhas, localizado na cidade de São Paulo, Estado de São Paulo. É sabido que combustíveis utilizados em aviões normalmente são misturas de hidrocarbonetos produzidos por destilação do petróleo de óleo cru e, por outro lado, a literatura médica é fértil na descrição de danos à saúde humana, decorrentes de exposições a muitos dos agentes químicos acima citados. Numa primeira etapa, identificaram-se os locais de possível exposição a esses agentes e na etapa seguinte iniciou-se a monitorização individual, conforme método analítico estabelecido pela National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) para dosar hidrocarbonetos aromáticos e obter sua concentração no ambiente de trabalho. O levantamento de dados foi realizado no dia 20 de fevereiro de 2015. As amostras coletadas foram enviadas para um laboratório de toxicologia para análise e os resultados encontrados foram todos abaixo dos níveis de ação, de acordo com o item 9.3.6.2 da Norma Regulamentadora (NR) n. 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), pois as substâncias analisadas têm seus limites de tolerância preestabelecido na NR-15 – Atividades e Operações Insalubres, em seu anexo 11.

Palavras-chave: Engenharia de Segurança do Trabalho. Risco Químico. Gases e Vapores. Aeroporto. Pátios de Aeronaves.

ABSTRACT

This paper has been developed with the aim of characterizing the possible exposure to aromatic hydrocarbons (Benzene, Toluene and Xylenes) originated from aircrafts fuel incomplete combustion, in Congonhas Airport airport workers, which is located in São Paulo, São Paulo state. It is known that fuels which are used in airplanes, are generally mixtures of hydrocarbons produced through the crude oil distillation, on the other hand, the Medical Literature is fertile in describing the human health damages due to constant exposures to many Chemical Agents quoted above. Firstly, the sites of possible exposure to such agents were identified. Secondly, a individual monitoring was initiated according to the analytical method established by the NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) to dose aromatic hydrocarbons. The data arising was carried on February 20, 2015. The collected samples were sent to a Toxilogical Laboratory in order to be analyzed and the results showed that all the results found below the limits established by Brazilian's law.

Keywords: Safety Engineering. Chemical Risk. Gases and Vapors. Airport. Aircraft Parking Areas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	- Representações da estrutura química do tolueno.....	31
Figura 02	- Representação da estrutura química do xileno (para).....	32
Figura 03	- Representação da estrutura química do xileno (meta).....	32
Figura 04	- Representação da estrutura química do xileno (orto).....	33
Figura 05	- Representações da estrutura química do benzeno.....	34
Figura 06	- Toxicocinética do Benzeno.....	35
Figura 07	- Sistema Hematopoiético.....	37
Figura 08	- Operação de abastecimento.....	39
Figura 09	- Ranking por movimento de aeronaves.....	41
Figura 10	- Operação de ponte telescópica.....	42
Figura 11	- Balizamento de aeronave.....	43
Figura 12	- Fiscalização dos pátios.....	43
Figura 13	- Monitor passivo.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	- Limites de Tolerância conforme NR 15.....	21
Tabela 02	- Evolução dos limites de tolerância para o benzeno nos EUA e no Brasil.....	22
Tabela 03	- Limites de exposição ocupacional – TLVs.....	23
Tabela 04	- Composição da gasolina comum.....	38
Tabela 05	- Resultados das análises.....	46
Tabela 06	- Limites de exposição ao benzeno.....	47
Tabela 07	- Limites de exposição ao tolueno.....	47
Tabela 08	- Limites de exposição aos xilenos.....	48
Tabela 09	- Correção dos limites de exposição da ACGIH.....	49
Tabela 10	- Número de amostras exigidas.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AFQRJOS	Aviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systems
ANP	Agência Nacional de Petróleo
ANSI	American National Standards Institute
AIHA	American Industrial Hygiene Association
ASTM	American Society for Testing and Materials
ATSDR	Agency for Toxic Substances & Diseases Registry
AVGAS	Gasolina de Aviação
BEI	Biological Exposure Indices
BTX	Benzeno, Tolueno e Xileno
CAS	Chemical Abstract Service
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos da América
FD	Fator de Desvio
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos
FR	Fator de Redução
GAV	Gasolina de aviação
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
IARC	International Agency for Research on Cancer
INFRAERO	Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária
JET A-1	Querosene de aviação
LE	Limite de Exposição
LE-MP	Limite de Exposição – Média Ponderada pelo Tempo
LEO	Limite de Exposição Ocupacional
LE-Teto	Limite de Exposição – Valor Teto

LT	Limite de Tolerância
LT-MP	Limite de Tolerância – Média Ponderada
NIOSH	National Institute Occupational Safety and Health
NR	Norma Regulamentadora
NR-9	Norma Regulamentadora – PPRA
NR-15	Norma Regulamentadora – Atividades e Operações Insalubres
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PEL	Permissible Exposure Level
PM	Peso Molecular
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
QAV	Querosene de aviação
SNC	Sistema Nervoso Central
STEL	Short Term Exposure Limit
TLV	Threshold Limit Value
TLVc	Threshold Limit Values - corrigido
TLV-C	Threshold Limit Values – Ceiling
TLV-STEL	Threshold Limit Values – Short Term Exposure Limit
TLV-TWA	Threshold Limit Values - Time Weighted Average
TWA	Time Weighted Average
VRT	Valor de Referência Tecnológico
TRS	Trato Respiratório Superior

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO.....	14
1.2	JUSTIFICATIVA	14
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	HIGIENE OCUPACIONAL.....	15
2.2	RISCOS QUÍMICOS.....	16
2.2.1	Avaliação dos riscos químicos	17
2.2.2	Coleta de amostras representativas	17
2.2.3	Tipos de amostragem	18
2.2.4	Limites de Tolerância.....	18
2.2.5	Nível de Ação.....	24
2.3	FUNDAMENTOS DE TOXICOLOGIA	24
2.3.1	Intoxicação.....	25
2.4	SOLVENTES ORGÂNICOS	26
2.4.1	Tipos de solventes	27
2.4.2	Tolueno.....	30
2.4.3	Xilenos	31
2.4.4	Benzeno.....	33
2.5	COMPOSIÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO	37
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
3.1	AVALIAÇÃO QUALITATIVA.....	40
3.2	AMBIENTE ESTUDADO	41
3.3	POPULAÇÃO ESTUDADA.....	42
3.4	AMOSTRAGEM.....	43
3.5	METODOLOGIA.....	44
3.6	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1	RESULTADOS	46
4.2	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	48
5	CONCLUSÕES	51

REFERÊNCIAS.....	52
ANEXO A – Método NIOSH 1501 2003	55
ANEXO B – FISPQ – GAV e QAV.....	63

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Cardoso (2004), a intensificação do transporte aéreo e a ocupação de seus espaços de tráfego pelo rápido e abrangente processo de urbanização em torno dos aeroportos têm gerado, de forma crescente, diferentes níveis de preocupação, sejam pelas emissões próprias do funcionamento de aeronaves, sejam pelos demais riscos próprios desses ambientes. Agências governamentais internacionais e pesquisadores têm demonstrado interesse no estudo dessas situações, envolvendo as populações vizinhas, os indivíduos que se utilizam dos aeroportos como passageiros, e aqueles que, por força da atividade laborativa, permanecem em suas áreas internas durante longos períodos.

Segundo ATSDR apud Cardoso (2004), trabalhos realizados por vários pesquisadores nas áreas de circulação de aeronaves demonstraram a presença de substâncias químicas diversas, tais como: hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, diversos aldeídos e metais. Estas substâncias são, em grande parte, geradas nos processos de estocagem, transporte, manipulação, utilização e exaustão dos combustíveis apropriados. Esses combustíveis, utilizados em aviões, normalmente são misturas de hidrocarbonetos produzidas por destilação de óleo cru. Os combustíveis para avião (*jet fuels*), mais comumente utilizados JP-5, JP-7 e JP-8, são misturas medianamente destiladas, similares em composição ao querosene e contendo primariamente hidrocarbonetos C9-C16, sendo cerca de 20% de compostos aromáticos e 80% compostos alifáticos.

Alguns autores já descreveram casos de doenças respiratórias, neurológicas, oculares, auditivas, dermatológicas e ligadas ao órgão hematopoiético, razão pela qual, nos últimos anos, têm-se intensificado o interesse na avaliação destes agentes químicos e dos danos causados para os trabalhadores envolvidos nas atividades aeroportuárias, bem como para o meio ambiente que circunda estes locais. A presença de compostos orgânicos voláteis (COV), mesmo que em níveis considerados abaixo dos níveis recomendados para a exposição ocupacional, pode levar ao aparecimento de sintomas em função da exposição crônica, e dos efeitos

cumulativos causados por estes agentes (SMITH et al., 1997; TUNNICLIFFE et al., 1999; YANG et al., 2003).

Carlton e Smith (2000) avaliaram os níveis de benzeno, utilizando diferentes tecnologias revelaram que mesmo estando presente como um elemento traço (em níveis inferiores a 0,005%/volume) no combustível, as concentrações no ar variaram de 0,19 a 49,1 mg/m³, sendo as mais elevadas aquelas obtidas por determinação instantânea durante a manutenção dos tanques.

1.1 OBJETIVO

Avaliar os riscos ocupacionais ao benzeno, tolueno e xilenos dos fiscais de pátio do Aeroporto de Congonhas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Os serviços nas áreas de pátios em aeroportos envolvem diferentes formas de riscos, sendo de interesse para a Engenharia de Segurança do Trabalho. O pátio de estacionamento de aeronaves, ou simplesmente pátio de aeronaves é o local destinado à movimentação de aeronaves, veículos, equipamentos e pessoas.

Neste universo estão inseridos os fiscais de pátios, que, pela proximidade das aeronaves, estão sujeitos aos efeitos das emissões causadas pela combustão incompleta dos motores das aeronaves, entre eles compostos orgânicos voláteis, especificamente benzeno, tolueno e xilenos, conhecidos pela sigla BTX. Estes poluentes atmosféricos podem produzir vários efeitos nocivos à saúde em determinadas concentrações.

Tendo em vista a importância já demonstrada da exposição a agentes químicos citados acima, principalmente os hidrocarbonetos aromáticos em ambientes aeroportuários, vimos à relevância de realizar monitorização ambiental ocupacional em trabalhadores que poderiam estar expostos a estas substâncias tóxicas no Aeroporto de Congonhas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 HIGIENE OCUPACIONAL

Santos et al. (2004) descrevem em sua obra os principais termos utilizados no Brasil para definir a ciência que se dedica ao estudo dos ambientes de trabalho e à prevenção das doenças causadas por eles são: Higiene Ocupacional, Higiene Industrial e Higiene do Trabalho.

A definição dos termos Higiene Industrial e Higiene do Trabalho estão contempladas na definição de Higiene Ocupacional, é considerado mais amplo, visto a que não se refere apenas ao ambiente de trabalho ou aquele dito industrial. Ao contrário, o seu campo de abrangência e atuação cresce a cada dia tornando-se necessário estudar a interface com outras ciências, como a Medicina, a Segurança, a Ergonomia e a Sociologia, para de forma interdisciplinar melhorar as condições do ambiente de trabalho e a saúde do trabalhador. (SANTOS et al., 2004, p.44)

Segundo Santos et al. (2004, p.44), a higiene ocupacional é uma ciência porque está baseada em fatos comprováveis, empíricos e analisáveis por método científico por meio da Física, Química, Bioquímica, Toxicologia, Medicina, Engenharia e Saúde Pública. Por outro lado, também são consideradas a individualidade de cada trabalhador e as características da atividade e do local de trabalho.

Pode se perceber que o conceito de higiene, qualquer que seja ele, está diretamente associado à prevenção da saúde. (SANTOS et al., 2004, p.45)

A definição da American Industrial Hygiene Association – AIHA para a Higiene Industrial, “ciência que trata da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos originados nos locais de trabalho e que podem prejudicar a saúde e o bem estar dos trabalhadores, tendo em vista também o possível impacto nas comunidades vizinhas e no meio ambiente”. (SANTOS et al., 2004, p.44)

Na opinião de Santos et al. (2004), as práticas e ações da Higiene Ocupacional encontram-se associadas à “Saúde” e a “Prevenção de Doenças”,

mediante a antecipação e o reconhecimento dos fatores de riscos, dos estudos epidemiológicos prospectivos e da educação. (SANTOS et al., 2004, p.46)

Santos et al. (2004) assinalam que qualquer pessoa está exposta a diversas condições que podem ocasionar eventos ou danos indesejados, seja dentro do ambiente de trabalho, ou fora dele, e que poderão afetar sua qualidade de vida, como doenças, acidentes, perda do patrimônio, entre outros. A esta possibilidade de ocorrer danos denominamos risco. O risco, portanto, é a combinação da probabilidade de ocorrência e a magnitude de um evento indesejável (Risco = probabilidade de ocorrer dano x gravidade do dano).

Na higiene ocupacional são usados os termos agentes químicos, físicos ou biológicos, pois a palavra risco nestes termos não é adequada, uma vez que, refere-se a agente ou fatores de riscos primários. Normalmente os agentes de riscos são os principais fatores de riscos (SANTOS et al., 2004, p. 49).

2.2 RISCOS QUÍMICOS

Os agentes químicos são substâncias químicas que estão presentes no ambiente, geralmente em misturas ou com impurezas que podem causar algum dano ou agravo à saúde quando entram em contato com o receptor. (SANTOS et al., 2004, p. 50).

Os agentes químicos podem ser subdivididos de acordo com a suas características físicas em líquido, sólido, vapor ou gás. De acordo com as características químicas, em orgânicos e inorgânicos (metais, semimetais). De acordo com o tipo de mistura no ar atmosférico, em poeira, neblina, névoa ou fumo. Os agentes químicos orgânicos podem ser subdivididos de acordo com sua estrutura, em hidrocarbonetos, álcoois, proteínas, etc. É possível, ainda, subdividi-los de acordo com suas diferenças na explosividade, inflamabilidade, tamanho de partícula, volatilidade, acidez, entre outros. (SANTOS et al., 2004, p. 51).

2.2.1 Avaliação dos riscos químicos

Para Soto et al. (1994), a presença de substâncias agressivas no ambiente de trabalho pode constituir um risco para a saúde dos trabalhadores. Isto não significa que toda pessoa exposta irá contrair uma doença profissional, sua ocorrência dependerá, fundamentalmente, de fatores, tais como:

- Concentração do contaminante no ambiente de trabalho;
- Tempo de exposição;
- Características físico-químicas do contaminante;
- Susceptibilidade pessoal.

Portanto, para avaliar o risco de exposição a um agente químico em um ambiente de trabalho deverá se determinar, da forma mais correta possível, a concentração do contaminante no ambiente, cuidando para que as medições sejam efetuadas com aparelhagem adequada e que seja a mais representativa possível da exposição real a que estão submetidos os trabalhadores.

De acordo com Soto et al. (1994), “O tempo de exposição deve ser estabelecido através de uma análise da tarefa do trabalhador. Esta incluirá todos os movimentos efetuados durante as operações normais e considerará o tempo de descanso e a movimentação do trabalhador fora do local de trabalho.”

2.2.2 Coleta de amostras representativas

Segundo Soto et al (1994), é de fundamental importância conhecer a concentração dos contaminantes existentes no local de trabalho. Para isto devemos coletar amostras, no local que possibilitem uma análise quantitativa das substâncias existentes.

O problema é complexo, considerando-se que a concentração de uma substância no ar varia no tempo e no espaço, em função da movimentação do ar, dos ciclos, dos processos e da intensidade do trabalho, distância do trabalhador a fonte, etc. (SOTO et al., 1994, p. 41)

2.2.3 Tipos de amostragem

De acordo com Soto et. al. (1994), as amostragens podem ser de dois tipos: instantâneas que são as realizadas durante um curto período de tempo que pode ser fixado em 5 minutos ou menos e contínuas que são realizadas em um período de tempo maior que 30 minutos, chegando, às vezes, até uma jornada inteira de trabalho.

Segundo Corrêa e Saliba (2013), os amostradores podem ser classificados, segundo o tipo de coletor, em:

- Ativos: todo amostrador que possui sistema que force a passagem de ar por meio de um dispositivo que realiza a detecção direta do contaminante ou permita a coleta para posterior análise laboratorial;
- Passivos: todo amostrador que permite a coleta de contaminante para detecção direta ou para posterior análise laboratorial, sem forçar a passagem de ar por meio de coletor. A captação do contaminante é baseada no fenômeno da difusão.

Os instrumentos de medição também podem ser de leitura direta, quando a análise é feita diretamente no próprio equipamento, fornecendo a concentração do contaminante de maneira imediata; ou de medição indireta, quando são necessários procedimentos laboratoriais para a determinação da concentração do contaminante. (CORRÊA e SALIBA, 2013, p. 51).

2.2.4 Limites de Tolerância

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 estes agentes agressivos não implica, obrigatoriamente, que estes trabalhadores venham a contrair uma doença do trabalho. (SOTO et al., 1994, p. 8)

Para que os agentes causem danos à saúde, é necessário que estejam acima de uma determinada concentração ou intensidade, e que o tempo de exposição a

esta concentração ou intensidade seja suficiente para uma atuação nociva destes agentes sobre o ser humano. (SOTO et al., 1994, p. 8)

De acordo com Soto et al. (1994), denominamos “Limites de Tolerância” àquelas concentrações dos agentes químicos ou intensidade dos agentes físicos presentes no ambiente de trabalho, sob os quais os trabalhadores podem ficar expostos durante toda a sua vida laboral, sem sofrer efeitos adversos a sua saúde.

Estes limites têm por objetivo garantir a proteção da saúde, mas os seu caráter não é absoluto, refletindo, unicamente, o estado em que se encontram os conhecimentos em dado momento. (SOTO et al., 1994, p. 8)

Eles são baseados na melhor informação disponível, proveniente da experiência industrial e de estudos com animais. (SOTO et al., 1994, p. 8)

Por isto, podem sofrer alterações de ano para ano, conforme se constate que o limite, anteriormente fixado, não está protegendo efetivamente o trabalhador. (SOTO et al., 1994, p. 8)

Os limites de tolerância representam um instrumento essencial no controle dos ambientes de trabalho, ajudando eliminar os riscos advindos da presença de agentes ambientais. Isto porque eles possibilitam a comparação dos resultados das avaliações de campo com valores padrões, servindo como guias de prevenção. (SOTO et al., 1994, p. 8)

Um dos valores universalmente aceitos pelos EUA, América Latina e outros países são aqueles publicados anualmente, desde 1947, pela “America Conference of Governmental Industrial Hygienists” – ACGIH, os quais são revisados permanentemente. (SOTO et al., 1994, p. 8)

Estes valores devem ser entendidos como um guia para profissionais que trabalham em Higiene Industrial, e nunca como valores rígidos de separação entre concentrações seguras e perigosas. (SOTO et al., 1994, p. 9)

No Brasil, até o ano de 1978 não tínhamos tabelas de Limites de Tolerância para substâncias químicas. A portaria 491, de 16 de setembro de 1965, que era a legislação vigente até 1978, determinava os trabalhos insalubres, baseando-se apenas no aspecto qualitativo do agente. (SOTO et al., 1994, p. 9)

Atualmente, está em vigor a Portaria 3.214/78, do Ministério do Trabalho e Emprego, que fixa limites de tolerância para as substâncias químicas, através dos Anexos n.º 11 e 12 de sua Norma Regulamentadora n.º 15 – “Atividades e

Operações Insalubres”. As substâncias anteriormente existentes na Portaria 491/65, que não tiveram seus limites de tolerância fixados pela atual Legislação Brasileira, estão relacionados no Anexo n.º 13 da citada Norma Regulamentadora (NR) 15. (SOTO et al., 1994, p. 9)

Apesar de nossos limites terem sido estabelecidos de forma análoga aos dos Estados Unidos, existe uma discrepância entre os valores fixados nestes dois países. Isto se deve à diferença existente entre as jornadas de trabalho do brasileiro e do americano. (SOTO et al., 1994, p. 10)

A nossa jornada semanal usual é de 44 horas, enquanto que a do americano é de apenas 40 horas. Nada mais lógico, portanto, que os limites adotados no Brasil sejam menores que os do EUA. (SOTO et al., 1994, p. 10)

Basicamente, temos no Brasil dois tipos de limites e tolerância:

- a) Limite de tolerância – Média Ponderada: representa a concentração média ponderada, existente durante a jornada de trabalho. Isto é, podemos ter valores acima do limite fixado, desde que sejam compensados por valores abaixo deste, acarretando uma média ponderada igual ou inferior ao limite de tolerância. No entanto, estas oscilações para cima não podem ser indefinidas, devendo respeitar um valor máximo que não pode ser ultrapassado. Este valor máximo é obtido através da aplicação de um fator de desvio, conforme fórmula dada a seguir:

Valor Máximo = L.T. x F.D., onde:

L.T. – Limite de Tolerância

F.D. – Fator de desvio, que depende da grandeza do limite de tolerância, de acordo com a tabela que segue:

- b) Limite de Tolerância – Valor Teto, que representa uma concentração máxima que não pode ser excedida em momento algum da jornada de trabalho. Para as substâncias com estes limites, não são aplicados os fatores de desvio, sendo o valor máximo sempre igual ao limite de tolerância fixado.

O Anexo 11 da NR-15, que estabelece os limites de tolerância, fixa também os graus de insalubridade para cada uma das substâncias, no caso dos limites serem excedidos, de acordo com a gravidade dos efeitos que cada substância pode causar no organismo humano. (SOTO et al., 1994, p. 14)

No Brasil a Norma Regulamentadora NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, fixa os valores limites (LT) em seu Anexo N. 11 e Anexo 13-A, conforme tabela abaixo:

Agente químico	LT (ppm)	Abs. p/ pele	Grau insalubridade
Tolueno (Toluol)	78	+	Médio
Benzeno	1 (VRT)		
Xileno (Xilol)	78	+	Médio

Tabela 1 - Limites de Tolerância conforme NR 15. Fonte: BRASIL, 2014

O VRT (Valor de Referência Tecnológico) não é um limite de tolerância e sim um valor mínimo de concentração tecnologicamente possível para a continuidade operacional, pois o benzeno é comprovadamente cancerígeno para humanos, sendo perigoso em qualquer concentração. Esse valor foi negociado por uma comissão tripartite formada pelo governo, trabalhadores e empregadores (BREVIGLIERO; POSSEBON; SPINELLI, 2006).

Na opinião de Brevigliero; Possebon e Spinelli (2006), os limites de tolerância não são valores estáticos e sim dinâmicos, mudando frequentemente com os achados epidemiológicos e as correlações entre as concentrações e qualquer alteração na saúde ou no conforto dos trabalhadores.

Na tabela abaixo, segue uma demonstração da evolução dos limites de tolerância ao longo dos anos nos EUA e no Brasil:

Ano	LT-MP	Teto	Norma
1920	100		Massachusetts e outros estados
1930	50		Norma estadual
1940	35		Norma estadual
1942/5	100		Federal "War-time Standard"
1946	100		ACGIH
1947	50		ACGIH
1948	35		ACGIH
1957	25		ACGIH
1963	-		ACGIH
1969	10	25	ANSI
1972	10	25	OSHA
1974	10	25	NIOSH
1978	8	25	NR-15 Anexo 11
1995	1		NR-15 Anexo 13-A (VRT)
1999	0,5		ACGIH

Tabela 2: Evolução dos Limites de Tolerância para o Benzeno nos EUA e no Brasil.

Fonte: BREVIOLIERO; POSSEBON; SPINELLI, 2006.

No Brasil, os LEOs são denominados "Limites de Tolerância", sendo definidos como "concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral", e estão estabelecidos nos Anexos 11 e 12 da Norma Regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, atrelada à questão da insalubridade. (BUSCHINELLI e KATO, 2012, p.49)

De acordo com Buschinelli e Kato (2012), os limites da ACGIH, que não tem valor legal nos EUA, são denominados *Threshold Limit Values* (TLV), ou valores limites de fronteira. Referem-se às concentrações de substâncias químicas no ar, as quais, acredita-se, a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, durante toda uma vida de trabalho sem sofrer efeitos adversos à saúde. A ACGIH afirma que os valores não são linhas divisórias entre condições seguras e perigosas e adverte que os trabalhadores podem ainda estar sujeitos a exposições dérmicas. Há três tipos: os limites *Time Weighted Average* (TWA) ou

média ponderada no tempo; os *Short Term Exposure Limit* (STEL) ou limites de exposição para curto prazo; e o *Ceiling* (valor-teto).

O limite por média ponderada no tempo (TLV-TWA) é a concentração média dos valores encontrados ao longo da jornada de trabalho (8 horas diárias, 40 horas semanais) e geralmente varia em função de inúmeras variáveis dos ciclos produtivos e ambientais. O limite de exposição por média ponderada de 15 minutos (TLV-STEL) não deve ocorrer mais que quatro vezes ao dia e é suplementar ao TLV-TWA. Os limites de exposição *Ceiling* é a concentração máxima que não deve ser excedida em qualquer momento da exposição no trabalho. Geralmente é definida para substâncias irritantes e sua definição é a mesma do valor-teto da legislação brasileira. (BUSCHINELLI e KATO, 2012, p.50)

A ACGIH, anualmente, publica os limites de tolerância para os agentes químicos, procedendo as adequações necessárias em função de novos dados a respeito da exposição a determinado agente. A NR-9 determina que, na ausência de limites na NR-15, devem ser adotados os limites recomendados pela ACGIH para avaliação do possível risco ambiental. (CORRÊA e SALIBA, 2013, p.45)

Para a ACGIH, os Valores Limites de Exposição (Threshold Limit Values – TLVs) para BTX são:

VALORES ADOTADOS					
Substância [Nº CAS]	TWA	STEL	Notações	Peso Mol.	Base do TLV
Benzeno [71-43-2] (1996)	0,5 ppm	2,5 ppm	Pelo; A1; BEI	78,11	Leucemia
Tolueno [108-88-3] (2006)	20 ppm		A4; BEI	92,13	Comprometimento visão; dano; reprodutivo feminino; aborto
Xileno [1330-20-7] (o, m e p isômeros) [95-47-6; 108-38-3; 106-42-3] (1992)	100 ppm	150 ppm	A4; BEI	106,16	Irritação olhos e TRS; comprometimento SNC

Tabela 3 - Limites de exposição ocupacional – TLVs (adaptado).

Fonte: ACGIH, 2012.

2.2.5 Nível de Ação

Segundo a Norma Regulamentadora NR-9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), considera-se nível de ação o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. As ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico.

De uma forma geral, este nível é, por convenção, 50% do Limite Exposição Ocupacional.

2.3 FUNDAMENTOS DE TOXICOLOGIA

A Toxicologia é uma ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes das interações de substâncias químicas no organismo.

Entende-se por agente tóxico ou toxicante a entidade química capaz de causar dano a um sistema biológico, alterando seriamente uma função ou levando-o à morte, sob certas condições de exposição. (SEIZI, 2003, p.4)

Dependendo das condições de exposição, toda substância pode agir como toxicante, causando efeito nocivo ao ser vivo. À medida que se aumenta a dose, os efeitos adversos dos medicamentos se acentuam. (SEIZI, 2003, p.5)

Os complexos eventos envolvidos na intoxicação, desde a exposição do organismo ao agente toxicante até o aparecimento de sinais e sintomas, podem ser desdobrados, para fins didáticos, em quatro fases, ditas fases de intoxicação.

- a) Fase de exposição: É a fase em que as superfícies externa ou interna do organismo entram em contato com o toxicante. É importante considerar, nesta 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.

- b) Fase toxicocinética: Inclui todos os processos envolvidos na relação entre a disponibilidade química e a concentração do fármaco nos diferentes tecidos do organismo. Intervêm nesta fase a absorção, a distribuição, o armazenamento, a biotransformação e a excreção das substâncias químicas. As propriedades das físico-químicas dos toxicantes determinam o grau de acesso aos órgãos-alvo, assim como a velocidade de sua eliminação do organismo.
- c) Fase toxicodinâmica: Compreende a interação entre as moléculas do toxicante e os sítios de ação, específicos ou não, dos órgãos e, conseqüentemente, o aparecimento de desequilíbrio homeostático.
- d) 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.

Para Seizi (2003), a toxicologia visa, além de avaliar as lesões causadas no organismo por toxicantes, investigar os mecanismos envolvidos no processo. Procura também identificar e quantificar as substâncias tóxicas presentes nos fluidos biológicos e determinar seus níveis toleráveis no organismo.

2.3.1 Intoxicação

Fases da intoxicação

I – EXPOSIÇÃO

- dose
- via de administração
- tempo e frequência
- características físico-químicas das substâncias

- susceptibilidade individual

II – TOXICOCINÉTICA

- absorção
- distribuição e armazenamento
- eliminação - biotransformação e excreção

III – TOXICODINÂMICA

- dano bioquímico (ação tóxica)

IV – CLÍNICA

- sinais e sintomas

2.4 SOLVENTES ORGÂNICOS

De acordo com Seizi (2003), solvente orgânico é a designação genérica dada a um grupo de substâncias químicas orgânicas, líquidas à temperatura ambiente, que apresentam maior ou menor grau de volatilidade e lipossolubilidade, e são empregadas como solubilizantes, dispersantes ou diluentes em diferentes processos ocupacionais. O uso de solventes orgânicos no meio ocupacional brasileiro representa significativo risco à saúde do trabalhador, posto ser o espectro de utilização destes compostos bastante amplo (diferentes processos industriais em pequenas, médias e grandes empresas; meio rural; laboratórios químicos etc.). Podem ser empregados como substâncias puras ou na forma de misturas e, para facilitar seu estudo toxicológico são, geralmente, subdivididos em classes químicas, a saber: hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos ou halogenados, álcoois, cetonas, éteres, entre outros.

2.4.1 Tipos de solventes

a) Hidrocarbonetos alifáticos:

Pentano.

Hexano.

Heptano.

Decano.

b) Hidrocarbonetos alicíclicos:

Ciclohexano.

Metilciclohexano.

Alfa-pireno.

c) Hidrocarbonetos aromáticos:

Benzeno.

Tolueno.

Orto-xileno.

Meta-xileno.

Para-xileno.

Etilbenzeno.

Estireno.

d) Hidrocarbonetos halogenados:

Cloreto de metileno.

Clorofórmio.

Tetracloreto de carbono.

1,2-Dicloroetano.

Tricloroetileno.

1,1,1- Tricloroetano.

Tetracloroetileno.

Freons.

e) Álcoois:

Metanol.

Etanol.

i - Propanol.

N - Butanol.

i - Butanol.

f) Glicóis:

Etilenoglicol.

Dietelenoglicol.

g) Éteres:

2 - Metóxietanol.

Etóxietanol.

Butóxietanol.

P - Diocano.

h) Ésteres:

Acetato de metila.

Acetato de etila.

Acetato de i – propila.

Acetato de n – Butila.

Acetato de i - Butila.

Acetato de 2 - Etóxietila.

Metacrilato de metila.

i) Cetonas:

Acetona.

2 - Butanina.

4 - Metil - 2 - Pentanona.

2 - Hexanona.

Ciclohexanona.

j) Outros:

Nitroparadinas.

Dissulfeto de carbono.

O risco toxicológico advindo do uso dos solventes orgânicos é bastante variável, em função de suas propriedades físico-químicas e de fatores diversos que podem alterar as fases de exposição, toxicocinética e toxicodinâmica deles.

Segundo Seizi (2003), a intensidade da exposição aos solventes orgânicos é influenciada, sobretudo, por suas propriedades físico-químicas. As características dos solventes que representam papel importante na fase de exposição são:

- a) Pressão de vapor: a pressão de vapor corresponde à pressão exercida pelos vapores de um dado solvente em uma dada temperatura, sobre as paredes de um recipiente fechado. É expressa, normalmente, como milímetros de mercúrio (mmHg) e caracteriza, em termos quantitativos, a volatilidade do solvente.

- b) Ponto de ebulição: corresponde à temperatura na qual a pressão de vapor de um solvente atinge a temperatura externa, levando o mesmo à ebulição. Expresso, geralmente, em graus centígrados (°C), numa atmosfera de 760 mm de Hg, o ponto de ebulição se correlaciona inversamente com a pressão de vapor.

- c) Densidade: é a relação entre o peso de um dado volume de substância e igual ao volume de água a 4°C, ou em outra temperatura estabelecida.
- d) Velocidade de evaporação: esta é uma das mais importantes propriedades físico-químicas dos solventes, a ser considerada na seleção do composto para um processo industrial. Esta velocidade de evaporação e, conseqüentemente, o tempo de secagem do solvente, pode variar em função da temperatura do líquido, temperatura do ambiente próximo ao solvente, tensão superficial, umidade, densidade de vapor entre outros.
- e) Densidade de vapor: corresponde ao peso do vapor, por unidade de volume, a uma dada temperatura e pressão. É, geralmente, comparada com a densidade do ar, esta estabelecida como sendo igual a 1,0.

2.4.2 Tolueno

Líquido incolor, volátil, (pressão de vapor a 25°C = 28 mmHg), com ponto de ebulição igual a 110,6 °C e significativa lipossolubilidade. O composto puro apresenta traços de benzeno como impureza (<0,01%) e o comercial, utilizado em muitos processos industriais, pode conter até 25% de benzeno. As principais fontes de exposição ocupacional ao tolueno decorrem do seu uso como solventes para óleos, borracha natural e sintética, resinas, carvão, piche, betume e acetilcelulose. É utilizado, também, como diluente para tintas e vernizes. (SEIZI, 2003, p.185)

Sinônimos: toluol; metilbenzeno; metilbenzol; fenilmetano.

Propriedades gerais, usos e fontes de exposição:

- a) Propriedades físico-químicas: líquido incolor, inflamável, com odor característico, miscível com vários solventes orgânicos.

Fórmula: $C_6H_5CH_3$

CAS: 108-88-3

PM=92

Ponto de ebulição=110,6 °C

Pressão de vapor= 30 mmHg (26°C)

Limiar de odor dos vapores: 0,04 e 1 mg/l na água e 8 mg/m³ no ar

Temperatura de ignição: 480°C

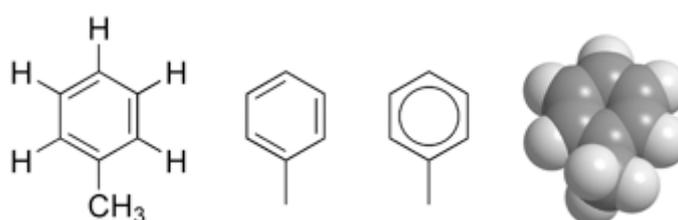


Figura 1: Representações da estrutura química do tolueno.

Fonte: Wikipédia.

2.4.3 Xilenos

Constituído de uma mistura de três isômeros (orto, meta e para-xileno) com predominância do isômero meta-xileno (60-70%), apresenta odor aromático característico, líquido incolor, quase insolúvel em água, mas miscível com álcool, éter, acetona, clorofórmio e benzeno. Podem conter impurezas como etilbenzeno, tiofeno, pseudocumeno, etc. Possui alto poder de solvência e baixo teor de voláteis. Sua utilização se dá nas indústrias de tintas, colas e adesivos, borracha, corantes, resinas, vernizes, metalurgia, defensores agrícolas e eletroeletrônica.

Sinônimos: xilol; dimetilbenzeno e metil tolueno.

Propriedades gerais, usos e fontes de exposição:

a) Propriedades físico-químicas - Para

Fórmula: p - C_8H_{10}

CAS: 106-42-3

PM = 106,6

Ponto de ebulição = 138,3°C

Pressão de vapor = 10 mmHg (27,3°C)

Temperatura de ignição: 465,9°C

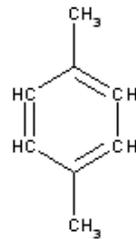


Figura 2: Representação da estrutura química do xileno (para).

Fonte: Wikipédia

a) Propriedades físico-químicas - Meta

Fórmula: m - C₈H₁₀

CAS: 108-38-3

PM = 106,16

Ponto de ebulição = 131,9 °C

Pressão de vapor = 10 mmHg (28,3°C)

Temperatura de ignição: 530,4°C

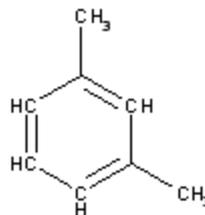


Figura 3: Representação da estrutura química do xileno (meta).

Fonte: Wikipédia

a) Propriedades físico-químicas - Orto

Fórmula: o - C₈H₁₀

CAS: 95-47-6

PM = 106,16

Ponto de ebulição= 144,4°C

Pressão de vapor= 5 mmHg (20,2°C)

Temperatura de ignição: 465,3°C

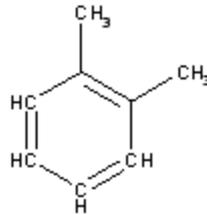


Figura 4: Representação da estrutura química do xileno (orto).

Fonte: Wikipédia

2.4.4 Benzeno

O benzeno é produzido industrialmente a partir da destilação do petróleo bruto e nafta (refinaria de petróleo e indústria petroquímica), ou do carvão mineral (indústria carboquímica e coquerias de indústria siderúrgica). É utilizado como matéria-prima para síntese de outros compostos orgânicos (estireno, fenóis, ciclohexano, etc.) e como aditivo nos combustíveis para veículos, substituindo, em parte, o chumbo. (MENDES, 2005, p.414)

Sinônimos: benzol; ciclohexatrieno

Propriedades gerais, usos e fontes de exposição

a) Propriedades físico-químicas: líquido incolor, volátil, inflamável, odor agradável, solúvel na maioria dos compostos orgânicos e praticamente insolúvel em água.

Fórmula: C₆H₆

CAS: 71-43-2

PM=78,11

Ponto de ebulição = 80,1 °C

Pressão de vapor = 74 mmHg (20°C)

Densidade (líq.): 0,879 (20°C)

Temperatura de ignição: 498 °C

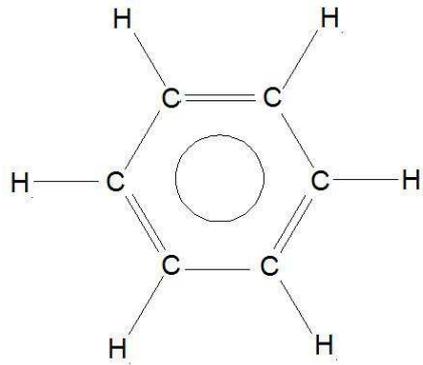


Figura 05: Representações da estrutura química do benzeno.

Fonte: Wikipédia.

b) Usos e fontes de exposição: solvente na indústria de tintas, vernizes, borracha, calçados; limpeza a seco; desengraxamento de peças metálicas; antidetonante de gasolina; síntese de fenóis, nitrobenzeno, clorobenzeno, etc.

Toxicocinética

- a. Absorção: via respiratória (vapores) e dérmica (líquido)
- b. Distribuição: no sangue a maior parte se liga a hemáceas; é distribuídos para os tecidos ricos em lipídeos.
- c. Biotransformação: o principal produto de biotransformação é o fenol, o qual se conjuga com o ácido glicurônico e sulfato.
- d. Excreção:
 - Fração inalterada pelo ar inalado:

Fase 1: representa a eliminação do benzeno presente nos pulmões e no sangue durante as 3 primeiras horas cessada a exposição.

Fase 2: representa a eliminação do benzeno presente nas vísceras e músculos, durante 3 a 7 horas cessada a exposição.

Fase 3: representa a eliminação do benzeno presente nos depósitos lipídicos durante até 50 horas após cessada a exposição.

- Fração biotransformada pela urina

Fase1: eliminação nas 4,5 horas após cessada a exposição, corresponde a excreção da maior parte absorvida. .

Fase 2: eliminação até aproximadamente 24 horas cessada a exposição, corresponde à excreção do restante “retido”.

Toxicodinâmica

O benzeno é irritante de peles e mucosas. Sua principal ação tóxica, em exposição aguda, é a depressão do SNC. Apresenta propriedades radiomiméticas, ou seja, potencial para gerar radical livre, o que explicaria várias de suas ações tóxicas. Em exposições crônicas destaca-se a ação mielotóxica que resulta em lesões graves como a progressiva degeneração (SEIZI, 2003, p. 182).

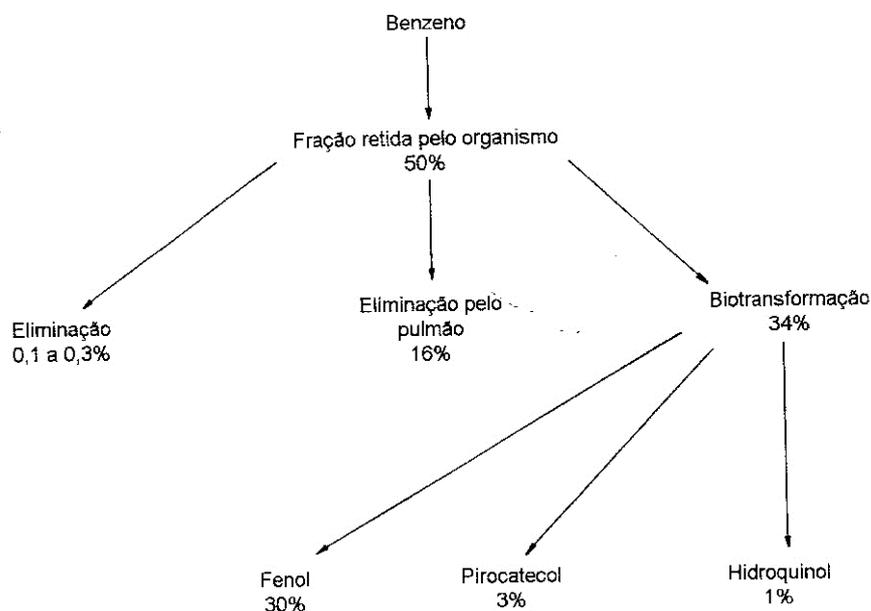


Figura 6: Toxicocinética do benzeno.
Fonte: arquivo pessoal.

Efeitos tóxicos

De acordo com Mendes (2005), o benzeno por si não é tóxico. Seus efeitos são imputados aos produtos de biotransformação da quebra do anel aromático, em especial o fenol. A exposição aguda causa depressão do sistema nervoso central (SNC). A exposição crônica causa depressão da medula óssea; é um agente mielotóxico (tóxico para a medula óssea) podendo causar hipoplasia (diminuição do número de glóbulos brancos, vermelhos e plaquetas), dependendo da gravidade pode levar a alterações ou não do hemograma. Pode também levar a aplasia de medula (hipoplasia intensa) diretamente ou inclusive como evolução de hipoplasia crônica. Este efeito é característico de doses elevadas (acima de dezenas de ppm).

Para Mendes (2005), o benzeno é classificado pela ACGIH como A1 (carcinogênico humano confirmado) e pela IARC como grupo I (carcinogênicos para seres humanos). Na medida em que foram sendo reduzidos os níveis de exposição, principalmente nos países industrializados o eixo dos estudos dos efeitos foi sendo deslocado do enfoque clínicolaboratorial das alterações hematológicas indicadoras da depressão da medula óssea, em especial a aplasia de medula, para os estudos epidemiológicos sobre a mortalidade de trabalhadores expostos, com vista a detectar a ocorrência excessiva de outras doenças hematológicas graves, notadamente as leucemias. A incidência de leucemia na população geral é de 6 casos em 100.000.

Como afirma Juras (2005), vários estudos ocupacionais sugerem que o benzeno pode alterar a fertilidade em mulheres expostas a altos níveis da substância. Entretanto, esses estudos são limitados devido à falta de histórico de exposição, exposição simultânea a outras substâncias e falta de acompanhamento. A avaliação de dados sobre os efeitos do benzeno no desenvolvimento de seres humanos são inconclusivos devido à exposição concomitante a outras substâncias, tamanho inadequado da amostra e falta de dados quantitativos. Foram observados efeitos adversos no desenvolvimento de fetos de animais prenhes expostos ao benzeno por inalação, incluindo peso baixo ao nascer, atraso na formação dos ossos e danos à medula óssea.

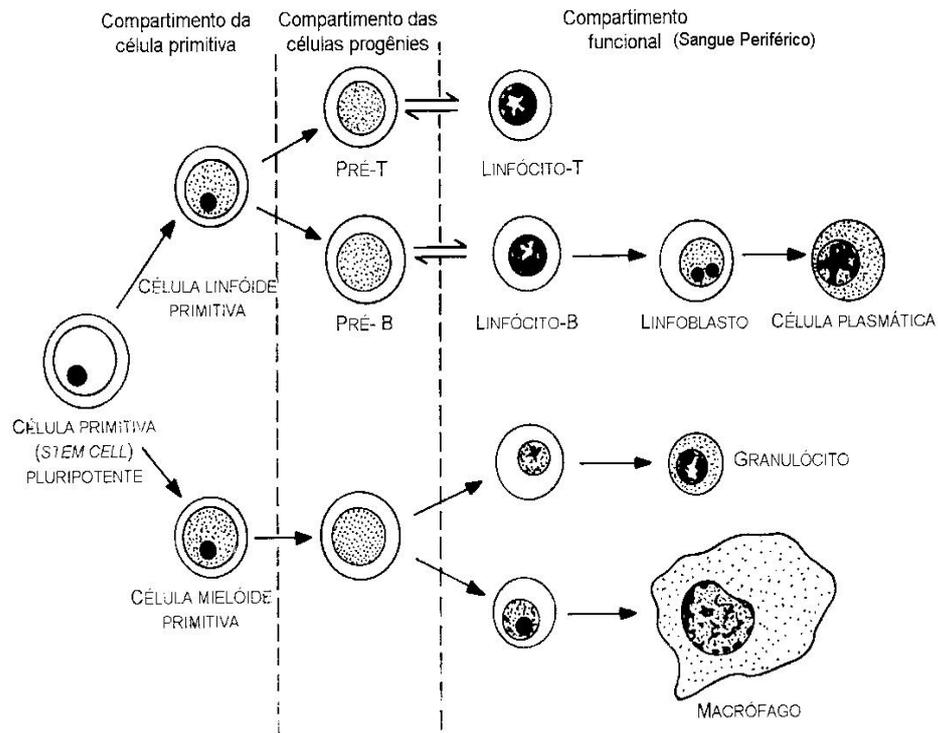


Figura 07: sistema hematopoiético.

Fonte: arquivo pessoal.

Às vezes, é crítico diferenciar as disposições do ambiente de trabalho das exposições devidas a hábitos pessoais, passatempos e exposição ambiental a agentes semelhantes ou relacionados ao agente suspeito. Um questionário completo do trabalhador deve avaliar o estilo de vida, o consumo de álcool e de drogas, os passatempos e as exposições secundárias de origem ambiental, e outras situações não profissionais, bem como diagnósticos físicos ou psicológicos e dificuldades de aprendizado prévias.

2.5 COMPOSIÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS DE AVIAÇÃO

No Brasil a constituição dos combustíveis são as seguintes:

Gasolina padrão (comum)

Ingrediente	Concentração (%)	CAS
Gasolina	75 – 87	86290-81-5
Álcool etílico anidrido combustível	18 – 25 (p/p)	64-17-5
Benzeno	< 1,0 (p/p)	71-43-2

Tabela 04: Composição da gasolina comum. Fonte: PETROBRAS, 2014.

Querosene de aviação – (QAV -1)

É o combustível utilizado nas aeronaves com motores a turbina, seja jato-puro, turboélices ou turbofans. É produzido por fracionamento do petróleo, através de destilação à pressão atmosférica, seguindo de tratamentos e acabamentos que conferem ao produto a qualidade adequada ao seu bom desempenho. Possui faixa de destilação entre 150°C e 300°C, sendo adequado à geração de energia por combustão em motores turbinados a gás de aeronaves.

No Brasil, são produzidos dois tipos de querosene de aviação:

1. QAV-1, de uso geral, com especificações alinhadas com as especificações do Jet A-1 da AFQRJOS (Aviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systems), conhecida como "Check List Jet A-1";
2. Querosene de Aviação Especial para a Marinha do Brasil, também conhecido como JP5 ou combustível aeronaval, de uso específico.

Esta categoria é composta por um complexo de substâncias derivadas de petróleo, que possuem ponto de ebulição entre 302 a 554°F (150 a 290°C) e cadeia carbônica variando entre 9 e 16. (BR Distribuidora, 2015)

Gasolina de aviação – GAV 1

É usada exclusivamente em aviões de pequeno porte que possuem motores com ignição por centelha. As especificações de qualidade são determinadas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP), definidas pela ASTM.

A gasolina de aviação (AVGAS-100LL) apresenta propriedades, requisitos de desempenho e cuidados diferenciados das demais gasolinas. Por conter chumbo tetraetil em sua composição, o seu uso é proibido em veículos automotivos.

Esta classe de substâncias do petróleo é composta de naftas complexas, substâncias constituídas de hidrocarbonetos com cadeias carbônicas de C4 a C12 e faixa de ebulição -20 a 230°C. (BR Distribuidora, 2015)



Figura 08: Operação de abastecimento.

Fonte: arquivo pessoal (2015)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 AVALIAÇÃO QUALITATIVA.

No reconhecimento dos riscos foi adotada a sequência abaixo:

- Estudo inicial;
- Visita ao local de trabalho para observações detalhadas;
- Análise dos dados obtidos.

Os dados coletados nesta fase foram:

- Características operacionais do aeroporto;
- Número de pousos e decolagens;
- Composição e informação sobre os ingredientes dos combustíveis de aviação;
- Frequência, toxicidade e forma de contato;
- Características do GHE dos fiscais de pátios;
- Horário de trabalho dos fiscais de pátio (turnos e escalas de trabalho);
- Descrição das atividades/tarefas do respectivo GHE;
- Controles existentes e uso de EPI;
- Informações sobre a existência de outras substâncias perigosas no local;
- Entrevista com os funcionários (fiscais de pátios).

Para obtenção dos constituintes da gasolina e querosene de aviação, foram consultadas as respectivas FISPQ – Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (Anexo B).

No Brasil, é possível encontrar informações sobre as especificações técnicas e as FISPQs de produtos derivados de petróleo (combustíveis ou não) no Portal da BR Distribuidora.

3.2 AMBIENTE ESTUDADO

O pátio de estacionamento de aeronaves, ou pátio de aeronaves é o local trânsito e permanência de aeronaves, bem como veículos, equipamentos e pessoas e compreende uma área de 77.321 m². O pátio do aeródromo possui 29 (vinte e nove) posições de estacionamento para a aviação comercial e 25 (vinte e cinco) posições de estacionamento para a aviação executiva (geral). O pátio de aeronaves possui de 12 (doze) pontes telescópicas fixas para embarque e desembarque de passageiros.

Atualmente, o Aeroporto de Congonhas é o principal aeroporto da rede INFRAERO em movimento de aeronave (pousos e decolagens), conforme demonstrativo abaixo:

Posição	Aeroporto	Doméstico	Internacional	Total
1	Congonhas/SP	209.555	0	209.555
2	Galeão/RJ	112.895	30.350	143.245
3	Campo de Marte/SP	135.082	73	135.155
4	Santos Dumont/RJ	127.208	120	127.328
5	Confins/MG	106.045	3.212	109.257
6	Salvador/BA	105.728	2.249	107.977
7	Porto Alegre/RS	87.764	6.645	94.409
8	Curitiba/PR	80.211	2.244	82.455
9	Recife/PE	79.278	2.546	81.824
10	Jacarepaguá/RJ	76.083	0	76.083

Figura 09: Ranking por movimento de aeronaves (adaptado).

Fonte: BRASIL, 2013.

3.3 POPULAÇÃO ESTUDADA

Para esta monografia foi estudado o GHE do fiscal de pátio. Ao todo são 95 fiscais de pátios e pistas divididos em turnos/escalas de revezamento.

No pátio de aeronaves os empregados trabalham em turnos e em horários fixos, sendo os turnos em escala de revezamento com 03 dias trabalhados e 02 de descanso. Os demais se dividem em 03 horários fixos, a saber: das 8h às 16h, das 6h às 14h e das 14h às 22h. Os seguintes horários de turno são: 7h às 15h; 15h às 23h; 23h às 7h; 8h às 16h; 6h às 14h e 14h às 22h.

As principais atividades desenvolvidas pelos fiscais de pátios são: fiscalização de pátios, balizamento de aeronaves e operação de ponte telescópica.



Figura 10: Operação de ponte telescópica.

Fonte: arquivo pessoal (2015).



Figura 11: Balizamento de aeronave.

Fonte: arquivo pessoal (2015).



Figura 12: Fiscalização de pátios.

Fonte: arquivo pessoal (2015).

3.4 AMOSTRAGEM

A amostra foi coletada no período manhã e tarde (08h00 às 16h00), onde se concentram aproximadamente 51% do movimento, no dia 20 de fevereiro de 2015. Foi amostrado 01 trabalhador.

Local: Pátio da aviação comercial – Aeroporto de São Paulo - Congonhas.

GHE: Fiscal de pátios e pistas

Nº de trabalhadores do GHE: 95

Nº de trabalhadores do local: 01

Turno de trabalho: 08h00 às 16h00 – escala de revezamento 3x2

Nº de amostras: 01

Horário inicial: 09h20m

Horário final: 15h05m

Duração total: 5h45m

Temperatura média: 25°C

Umidade média: 67%

Altitude: 802 m = 2631 pés

Pressão atmosférica média: 762.813 mmHg

3.5 METODOLOGIA

A metodologia usada para avaliação foi à preconizada pela NIOSH –1501 para dosagem de BTX, fornecidas pelo laboratório toxicológico (conforme Anexo A). As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa capilar.

3.6 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Foram utilizados dois monitores passivos SKC de carvão ativo (350 mg), ref. 575-001, sendo um monitor passivo utilizado para coleta e outro utilizado como branco (referência para análise).



Figura 13: Monitor passivo.

Fonte: arquivo pessoal (2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS

Seguem abaixo os resultados de análise das amostras ambientais de hidrocarbonetos, coletadas em dosímetros (monitores). As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa capilar, conforme técnicas baseadas nos métodos NIOSH 1501 (National Institute for Occupational Safety and Health). Os resultados obtidos são mostrados na tabela 5 e os vários limites de exposição disponíveis são apresentados na tabela 6, 7 e 8.

Amostra Nº	Agente Químico	Concentração (mg/m ³)	Concentração (ppm)
SKC-001	Benzeno	< 0,03	0,009
	Tolueno	< 0,03	0,007
	Xilenos	< 0,12	0,027

Tabela 5: resultados das análises.

Fonte: Toxikón Ocupacional

As fórmulas utilizadas para conversão de unidades partes por milhão (*ppm*) para miligramas por metro cubico (*mg/m³*) e vice-versa, foram:

$$ppm = \frac{24,45 \times mg/m^3}{PM}$$

$$mg/m^3 = \frac{ppm \times PM}{24,45}$$

Em que:

PM = peso molecular da substância

24,45 = volume molar de ar, em litros, a 25°C e 760 mmHg.

Limite/origem	Concentração		Absorção via cutânea	Jornada de trabalho
	ppm	mg/m ³		
VRT/Brasil	1,0	3,19		48 h/semana
TWA-ACGIH/EUA	0,5/A1	1,6/A1	*	40h/semana
STEL-ACGIH/EUA	2,5/A1	8,0/A1	*	15min/ 4 x dia
PEL-OSHA/EUA	1	3		40h/semana

Tabela 6: Limites de exposição ao benzeno.

Fonte: Toxikón Ocupacional

Limite/origem	Concentração		Absorção via cutânea	Jornada de trabalho
	ppm	mg/m ³		
LT/Brasil	78	290	*	48 h/semana
TWA-ACGIH/EUA	20	75		40h/semana
STEL-ACGIH/EUA	-	-		15min/ 4 x dia
PEL-OSHA/EUA	200	754		40h/semana

Tabela 7: Limites de exposição ao tolueno.

Fonte: Toxikón Ocupacional

Limite/origem	Concentração		Absorção via cutânea	Jornada de trabalho
	ppm	mg/m ³		
LT/Brasil	78	340	*	48 h/semana
TWA-ACGIH/EUA	100	434		40h/semana
STEL-ACGIH/EUA	150	651		15min/ 4 x dia
PEL-OSHA/EUA	100	435		40h/semana

Tabela 8: Limites de exposição aos xilenos (aplicáveis a todos os isômeros).

Fonte: Toxikón Ocupacional

4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para utilização no Brasil dos limites estabelecidos pela ACGIH deve-se realizar uma correção dos valores de TLV, uma vez que existe diferença de jornada de trabalho entre o nosso país e os Estados Unidos. O modelo mais utilizado é o de Brief & Scala, o qual permite a correção dos limites da ACGIH, estabelecidos para a jornada de 8 horas por dia e 40 horas semanais, para a jornada do Brasil de 44 horas semanais (CORRÊA e SALIBA, 2013, p.48).

A correção do TLV proposto por esse modelo se faz pela seguinte fórmula:

$$FR = \frac{40}{h} \times \frac{168-h}{128}$$

Em que:

FR =Fator de redução

h=Jornada de trabalho em horas

Para se conhecer o valor do TLV corrigido (TLVc), basta multiplicar o FR calculado pelo TLV proposto. Assim, o fator de redução do limite de exposição para a jornada de trabalho brasileira será de:

$$FR = \frac{40}{44} \times \frac{168-44}{128} = 0,88$$

Os TLVs corrigidos são:

Agente químico	TLV (ppm)	TLVc (ppm)
Benzeno	0,5	0,44
Tolueno	20	17,6
Xilenos	100	88

Tabela 9: Correção dos limites de exposição da ACGIH.

Os resultados encontrados demonstraram que os trabalhadores não estão expostos a níveis prejudiciais à saúde conforme preconiza a NR 15, Anexos 11 e 13-A e a NR 9, em seu item 9.3.6.1 (nível de ação). Os resultados também atendem os limites de exposição da ACGIH e OSHA.

Entretanto, o ideal seria realizar amostragens em todos os trabalhadores expostos ao risco, todavia o procedimento pode ser simplificado pelo critério de seleção por grupo homogêneo de risco, que é normalizada, porém na prática são encontradas dificuldades em sua aplicação, devido ao custo das avaliações.

Um dos objetivos fundamentais da higiene ocupacional é conhecer, com o máximo de exatidão os riscos à saúde dos trabalhadores presentes no ambiente de trabalho.

Segundo Corrêa e Saliba (2013), a seleção do número de trabalhadores a serem amostrados deve ser feita de acordo com a seguinte tabela:

TAMANHO DO GRUPO N(*)	NÚMERO DE AMOSTRAS EXIGIDAS (n)
8	7
9	8
10	9
11- 12	10
13-14	11
15-17	12
18-20	13
21-24	14
25-29	15
30-37	16
38-49	17
50	18
ACIMA DE 50	22

Tabela 10: Número de amostras exigidas
 (*)se N é menor ou igual a 7, n=N

De acordo com o GHE do fiscal de pátio, deveriam ser amostrados 22 trabalhadores para ter uma amostragem representativa da exposição.

Normalmente, a exposição do trabalhador a gases e vapores é avaliada em dados coletados em apenas uma amostragem, não sendo levadas em consideração as variáveis operacionais e ambientais ocorridas quando se analisam vários dias de exposição, uma vez que toda medida está sujeita a algum tipo de erro.

Para uma correta análise, os dados coletados deveriam ser tratados estatisticamente conforme o método de Leidel, Busch e Lynch, NIOSH e Instrução Normativa n. 1/95 do MTE (CORRÊA e SALIBA, 2013).

5 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi alcançado, tendo em vista que os riscos ocupacionais aos hidrocarbonetos aromáticos foram analisados qualitativamente e quantitativamente.

A metodologia adotada mostrou-se eficiente, porém o número de amostras foi insuficiente para determinar a real exposição dos trabalhadores. As concentrações encontradas apresentaram-se abaixo dos limites de exposição ocupacional.

Como recomendação, sugere-se a amostragem de um maior número de trabalhadores, conforme indicado no capítulo anterior, objetivando aumentar a confiabilidade das informações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENISTAS OCUPACIONAIS. **Limites de exposição ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos**. São Paulo, 2012. 256 p.

BEVIGLIERO E.; POSSEBON, J.; SPINELLI, R. **Higiene ocupacional: agentes biológicos, químicos e físicos**. São Paulo: Editora SENAC, 2006. 422 p.

BRASIL. **Anuário estatístico operacional 2013**. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Brasília: 2014. 160 p. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/br/estatistica-dos-aeroportos.html>> Acesso em: 29 jan. 2015.

BRASIL. **Declaração de capacidade do aeroporto de São Paulo – Congonhas**. Agência Nacional de Aviação Civil. São Paulo: 2014. 10 p. Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/slot/congonhas/temporada/arquivos/Declaracao_de_Capacidades_S15.pdf> Acesso em: 29 jan. 2015.

BR DISTRIBUIDORA. **Gasolina de Aviação – GAV**. <<http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/paraaviacao/gasolinadeaviacao/>>. Acesso em: 06 jan. 2015.

BR DISTRIBUIDORA. **Querosene de aviação (JET A-1)**. <<http://www.br.com.br/wps/portal/portalconteudo/produtos/paraaviacao/querosenedeaviacao/>>. Acesso em: 06 jan. 2015.

BUSCHINELLI, J.; KATO, M. **Manual para interpretação de informações sobre substâncias químicas**. São Paulo: Fundacentro, 2012. 61 p.

CARDOSO, L. M. N. **Avaliação dos riscos ocupacionais em ambientes aeroportuários**. São Paulo: [s.n], 2004. 13 p.

CORRÊA, M. C.; SALIBA, T. M. **Manual prático de avaliação e controle de gases e vapores: PPRA**. São Paulo: LTr, 2013. 144 p.

ESTADOS UNIDOS. **Manual of analytical methods. National Institute of Occupational Safety and Health. Fourth edition.** 2003. 7 p. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1501.pdf>> Acesso em: 06 jan. 2015.

Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico GAV-100/130. 2014. 10 p. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/c9b9b18043a79bc7b8b5bfec2d0136c/fispq-avi-gasolina-avgas.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=c9b9b18043a79bc7b8b5bfec2d0136c>> Acesso em: 06 jan. 2015.

Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico Gasolina Comum. 2014. 14 p. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/52cb170043a79d87baa2bfec2d0136c/fispq-auto-gasolina-comum.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 06 jan. 2015.

Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico QAV-1. 2014. 10 p. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/f884ae8043a79f5ebdf2bfec2d0136c/fispq-avi-querosene-jeta1.pdf?MOD=AJPERES>> Acesso em: 06 jan. 2015.

JURAS, I. A. G. M. **Impacto à saúde e ao meio ambiente do aumento irregular de solventes na gasolina.** Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Brasília: [s.n.], 2005. 20 p. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1027/impacto_saude_juras.pdf?sequence=1> Acesso em: 08 fev. 2015

MENDES, R. (Org.). **Patologia do trabalho.** 2. Ed. atual. e ampl. – São Paulo: Editora Atheneu, 2005. 2 v. 1931 p.

RAMAZZINI, B. **As Doenças dos trabalhadores.** São Paulo: Fundacentro, 1999. 325 p.

Representações da estrutura química do Benzeno. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Benzeno>> Acesso em: 06 jan. 2015.

Representações da estrutura química do tolueno. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Tolueno>> Acesso em: 06 jan. 2015.

Representações da estrutura química dos Xilenos. Disponível em:
<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Xileno>> Acesso em: 06 jan. 2015.

SANTOS, A. M. A. et al. **Introdução à higiene ocupacional.** São Paulo: Fundacentro, 2004. 84 p.

SEGURANÇA e Medicina do Trabalho. 13. ed. atual. - São Paulo: Saraiva, 2014. 1202 p.

SEIZI, O. **Fundamentos de toxicologia.** São Paulo: Atheneu Editora, 2003. 474 p.

SOTO, J. M. O. G. et al. **Riscos químicos.** São Paulo: Fundacentro, 1994. 100 p.

ANEXO A – Método NIOSH 1501 2003

ANEXO B – FISPQ – GAV e QAV