

# TOXICOLOGIA E O CONTROLE OCUPACIONAL NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

SANTOS, Mirian; PINHEIRO, Fabriciano

mirian.santos10@hotmail.com

Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão Oswaldo Cruz

**Resumo:** A indústria automotiva emprega diversos agentes químicos nos seus processos de fabricação, estes agentes constituem uma grande preocupação com saúde dos trabalhadores expostos no ambiente de trabalho. Dentre os processos principais de Estamparia, Armação e Pintura são reconhecidos riscos da exposição aos agentes químicos óleo mineral, fumos metálicos e solventes orgânicos, que podem ser absorvidos pela via respiratória e via cutânea. O objetivo deste artigo é apresentar a importância da atuação da Toxicologia Ocupacional nos processos para controle dos agentes químicos e mitigação da exposição. Este trabalho apresenta revisão bibliográfica e observações de campo realizado em indústria automotiva. São apresentadas neste trabalho, de forma resumida, as características mais relevantes das principais etapas de processo e respectivos agentes químicos de maior controle ocupacional, bem como as suas interações no organismo. Dados coletados em campo mostram que a atuação da Toxicologia Ocupacional é imprescindível para que os agentes estejam abaixo do limite ocupacional estabelecido por legislação vigente.

**Palavras-chave:** Indústria Automotiva, Agentes Químicos, Exposição Ocupacional.

**Abstract:** The automotive industry employs many chemicals in their manufacturing processes these agents are a major concern for the health of workers exposed in the workplace. Among the main processes of stamping, easel and painting are recognized risk of exposure to chemicals mineral oil, metal fumes and organic solvents, which can be absorbed through the respiratory tract and dermal. The purpose of this article is to present the importance of the performance of Occupational Toxicology in the processes for the control of chemicals and exposure mitigation. This paper presents a literature review and field observations made in the automotive industry. Are presented in this paper, briefly, the most relevant characteristics of the main process steps and their chemical agents most occupational control, as well as their interactions in the body. Data collected in the field show that the performance of Occupational Toxicology is essential for agents are below the occupational exposure limit established by law.

**Keywords:** Automotive, Chemical Agents, Occupational Exposure.

## 1 INTRODUÇÃO

No final da década de 50 iniciou-se a produção automobilística no Brasil, sendo hoje considerado um dos mais importantes setores industriais responsáveis por mudar o patamar econômico do país, por gerar direta ou indiretamente aproximadamente 1,3 milhões de empregos e contribuir com avanços tecnológicos (ANFAVEA, 2013). Este avanço tecnológico, necessário para a qualidade e durabilidade dos veículos, não seria possível sem a utilização de produtos químicos que estão presentes desde a confecção de peças do veículo, aplicação nos processos de produção, até produtos a serem utilizados pelo consumidor.

A produção de veículos pode ser reduzida em quatro processos principais: estamparia, armação, pintura e montagem, e mesmo que haja um constante aumento na automação destes

processos, muitas atividades ainda são realizadas manualmente por trabalhadores o que possibilita uma constante exposição a diversos produtos químicos.

O risco químico decorrente da exposição a produtos químicos, sendo mais preocupantes aqueles caracterizados como perigosos, constitui um importante fator que pode ser responsável pelo desenvolvimento de doenças ocupacionais. O número de produtos químicos, substâncias e misturas, dentro do processo produtivo de uma indústria automobilística aumenta a cada dia e como os trabalhadores são as peças fundamentais neste processo é premente a implementação de programas de controle da exposição ocupacional e gerenciamento do risco químico visando garantir a saúde e integridade física destes trabalhadores, tornando o ambiente mais controlado com a máxima minimização destes riscos.

A toxicologia é a ciência que estuda os efeitos adversos decorrentes da interação das substâncias químicas com os organismos, neste sentido busca conhecimento e ferramentas para prevenir, identificar e tratar as intoxicações. A intoxicação por produtos químicos pode ser dividida em quatro fases: Exposição, Toxicocinética, Toxicodinâmica e Clínica. A exposição consiste na interação do agente tóxico com o organismo, sendo 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, além da susceptibilidade individual. O movimento do agente tóxico pelo organismo, contemplando as etapas de absorção, distribuição (inclui armazenamento), biotransformação e eliminação é relacionado à toxicocinética. A toxicodinâmica corresponde à ação do agente tóxico no organismo atingindo o alvo; nesta fase o agente químico ou seu produto de biotransformação interage biologicamente causando alterações morfológicas e funcionais, produzindo danos. A fase clínica é a manifestação dos efeitos através de sinais e sintomas resultantes da ação tóxica.

A área da toxicologia que estuda os efeitos adversos causados pelas interações dos produtos químicos presentes nos ambientes de trabalho com os trabalhadores é denominada toxicologia ocupacional. O papel desta área da toxicologia dentro da indústria inclui-se a automobilística, é prover informações dos perigos dos produtos químicos e realizar avaliações de risco, conforme preconizado pelas legislações vigentes, com foco em monitorar e controlar o contato dos trabalhadores nos diversos cenários de exposição a produtos químicos, bem como contribuir para as ações de Higiene Ocupacional, Saúde e Segurança do Trabalho.

Diante da realidade de crescente uso de produtos químicos nos setores industrial e da constatação que muitos causam efeitos adversos aos trabalhadores expostos, existem esforços dos órgãos regulamentadores para a produção e manuseio seguro de produtos químicos, de modo a garantir que atendem a melhores padrões de segurança e que não causem efeitos nocivos à saúde dos trabalhadores.

O decreto nº 2657 de 3 de julho de 1998, promulga a Convenção nº 170 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), relativa à Segurança na Utilização de Produtos Químicos no Trabalho, assinada em Genebra em 25 de junho de 1990, estabelece duas premissas importantes: (i) é essencial prevenir as doenças e os acidentes causados pelos produtos químicos no trabalho ou reduzir a sua incidência; e (ii) todos os produtos químicos devem ser avaliados a fim de se determinar o perigo que apresentam.

De acordo com a Norma Regulamentadora nº9 (NR 09) da Portaria 25 Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), agentes químicos são substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo. Para os riscos no ambiente trabalho, incluindo os riscos com agentes químicos, deve ser elaborado Programa de Prevenção de Riscos de Ambientais (PPRA), que consiste na antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos.

A Norma Regulamentadora nº15 (NR 15) da Portaria 291 do MTE estabelece o Limite de Tolerância, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o

tempo de exposição ao agente químico, que não causará dano à saúde do trabalhador durante a sua vida laboral.

O objetivo deste trabalho é apresentar através de revisão bibliográfica e coleta de dados em campo, informações sobre os principais agentes químicos presentes nos processos de estamparia, armação, pintura e montagem na indústria automobilística, abordando a importância dos conhecimentos em toxicologia ocupacional para a prevenção de riscos à saúde dos trabalhadores.

## **2 PRINCIPAIS PROCESSOS NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**

### **Estamparia**

Na estamparia as chapas de aço são transformadas, por meio de prensas, nas peças que irão compor a carroceria. As atividades desta área consistem em corte e estampagem.

O processo de estamparia é mecanizado e resulta em peças finais prontas para a montagem da carroceria. Inicia-se com a chapa lisa que passa pelos cortes e depois são prensadas nas ferramentas (moldes), saindo peças prontas para montagem.

No processo de corte não há uso de produtos químicos, as chapas laminadas são desbobinadas e cortadas nos tamanhos pré-estabelecidos para cada peça a ser fabricada. Estas chapas cortadas são denominadas *blanks* e farão a alimentação das prensas. Os *blanks* recortados como, por exemplo, para o corte de uma janela são chamados de platinas.

Na operação de Estampagem os *blanks* ou platinas passam por uma série de pesadas prensas, em geral de 4 a 7, onde é feita a conformação da chapa, dando-lhe o formato de uma porta, teto, capô, lateral, assoalho, para-lama etc.

A área de estamparia utiliza baixo volume de produtos químicos, sendo em sua maioria óleos lubrificantes detergentes e desengraxantes. Os óleos lubrificantes são usados para auxiliar o processo de estampagem. Os detergentes e desengraxantes são usados para limpeza de peças e ferramentas.

### **Armação**

A área de Armação é responsável por soldar as chapas recebidas da Estamparia, desde assoalho, túnel e compartimento do motor, passando pelas laterais, geometria da carroceria e partes móveis (portas e tampas), estruturando a carroceria com o objetivo de proporcionar elevados níveis de segurança e conforto ao veículo.

Na Armação, é realizada a montagem da carroceria do veículo por meio de diversos processos de união das chapas. Entre eles, estão à solda a ponto, solda-arco, grafagem de chapas, solda a laser e colas.

Nesta área são usados produtos para a remoção de sujidades provenientes da estamparia e adesivos estruturais, usados para a vedação de peças e conjuntos. O principal controle de agentes químicos na armação envolve as operações de solda.

### **Pintura**

As carrocerias passam por diversos processos na área de Pintura, dividindo-se em cinco etapas principais: pré-tratamento da carroceria; Pintura por imersão catódica (*Kathodische Tauch Lackierung- KTL*); aplicação de Policloreto de Vinila - PVC; Primer, Tinta e Verniz.

No pré-tratamento, a carroceria passa por processo de limpeza, com fosfatização (processo anticorrosivo) e preparação da carroceria para a próxima etapa.

No KTL, a carroceria é imersa em pintura eletroforética de carga positiva que adere à carroceria por diferença de cargas. Esse processo é utilizado para proteção da carroceria antes de ser aplicada a pintura. São utilizados produtos à base de resina e água.

A carroceria segue, para linha manual ou linha automatizada de vedação, onde são inseridos tampões e batentes de borracha para proteção e plástico para proteção do piso, seguindo posteriormente para aplicação de massa de PVC.

A aplicação do primer tem a função de nivelar e proteger os processos anteriormente descritos.

Finalmente, é feita a Aplicação da base, responsável pela cor da carroceria e verniz que proporciona brilho e proteção.

Os principais produtos químicos usados no processo de pintura que requerem controle são os solventes.

## **Montagem Final**

A finalização do veículo ocorre na etapa de Montagem Final, onde são incorporados os vários itens funcionais e de acabamento. O processo de montagem inicia-se com a entrada da carroceria na linha, onde as peças são encaixadas, tais como faróis, painel, vidros, motor, câmbio, pneus entre outros.

A Montagem final requer o uso de produtos químicos facilitadores de montagem como vaselinas, sabões, adesivos para a montagem de componentes e álcool isopropílico para a limpeza da carroceria. Na montagem final também são inseridos os líquidos de enchimento do veículo tais como gasolina, álcool, fluido de freio, gás para o ar condicionado etc.

## **3 AGENTES QUÍMICOS DE MAIOR PREOCUPAÇÃO**

### **Óleo mineral**

Na indústria automobilística os óleos são amplamente empregados para lubrificação de máquinas, equipamentos, peças, processo de usinagem e também estão presentes em graxas e vaselinas. Atualmente os processos de usinagem são sistemas fechados onde não há geração de névoa e os fluídos de usinagem em sua maioria são dispersões de óleo em água, tensoativos e biocidas.

Os óleos de origem mineral, ou seja, derivados de petróleo, utilizados nas etapas da indústria automobilística são basicamente de três tipos: óleos minerais parafínicos, naftênicos e aromáticos.

De forma geral, os óleos minerais são classificados como perigoso por aspiração e, em contato prolongado, como irritantes ou sensibilizantes a pele.

As principais vias de exposição dos óleos minerais são cutânea e respiratória, com maior destaque para a exposição dérmica nos ambientes de trabalho.

Do ponto de vista ocupacional, estudos tem investigado e demonstrado que o principal problema no grau de toxicidade deste tipo de material é a presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), principalmente quanto à capacidade de indução de câncer em animais experimentais. O teor de HPA, por sua vez, é dependente da rota de processamento e da severidade do refino (CENPES. 2012). Cabe ressaltar que além da base mineral, o óleo também possui aditivos para prevenir o desenvolvimento de bactérias, aumentar a solubilidade, viscosidade e prevenir quanto à corrosão. Muitos dos aditivos dos óleos apresentam potencial sensibilizante, podendo causar dermatites de contato.

De acordo com o CONCAWE (*Conservation of Clean Air and Water in Europe*), divisão da Associação Europeia de Refinadores de Petróleo que atua com projetos relacionados a proteção da saúde e do meio ambiente, recomenda o método IP 346 como critério para classificar os óleos minerais como potencialmente carcinogênicos. Este método quantifica compostos poli aromáticos por extração com o solvente DMSO (dimetilsulfóxido). Segundo o CONCAWE, óleos com resultado da extração em DMSO maiores que 3% (peso) devem ser

comercializados com a advertência de que se trata de produtos potencialmente carcinogênicos. Os extratos aromáticos se enquadram entre os produtos com extrato em DMSO < 3%, ou seja, não se aplica a classificação de carcinogênico.

Segundo a Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança, o uso de máquinas ou ferramentas de alta velocidade podem produzir uma fina névoa ou aerossol de óleo que pode facilmente atingir o trato respiratório superior e inferior dependendo do tamanho das gotículas.

A *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) classifica a névoa de óleo mineral puro, alta e severamente refinado como “A4 - Não classificável como carcinogênico humano” (acredita-se que possam ser carcinogênicos para o ser humano, mas cujos dados existentes são insuficientes para formular essa afirmação conclusivamente) e óleo mineral com refinação fraca ou média como “A2 – Suspeito de ser *carcinogênico humano*” (há evidências limitadas de carcinogenicidade no homem e evidências suficientes de carcinogenicidade nas experiências e animais, com relevância para os seres humanos) e estabelece limite de exposição ocupacional, TLV-TWA (*Threshold Limit Value – Time-Weighted Average*), ACGIH, de 5mg/m<sup>3</sup>.

No Brasil, a Norma Regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, caracteriza de modo geral como insalubridade de grau máximo a “*Manipulação de óleos minerais...*”, sem especificar o tipo de óleo mineral.

Ciente destas questões a indústria automobilística busca ao máximo, maneiras de controlar a exposição aos óleos minerais nos locais de trabalho. São preconizados, de acordo com as atividades realizadas, o uso de aventais para proteção do tronco e luvas impermeáveis. Nos locais com grandes formações de névoa, são adotadas ações que visam a redução ou eliminação total da exposição, tais como enclausuramento do equipamento e ventilação local.

Em alguns processos onde o contato com óleos é inevitável, devido a necessidade de manipulação direta peças sem o uso de luvas impermeáveis, óleos sintéticos ou vegetais não normalmente utilizados como alternativas.

### **Fumos de Solda**

Os fumos são gerados no processo de solda e são provenientes do metal que está sendo soldado e eletrodo. A composição dos fumos depende do metal base e dos eletrodos, assim como do método de soldagem utilizado.

Comumente nas indústrias automobilísticas são encontrados os processos de solda MIG (*Metal Inert Gas*) e MAG (*Metal Active Gas*) que contêm alta concentração dos metais que estão sendo depositados. Na soldagem MIG / MAG o eletrodo é um arame contínuo, revestido de cobre, cujo interior é um composto de ferro. Os componentes podem variar de processo para processo, de acordo com a necessidade, comumente os mais encontrados na indústria automobilística são: ferro, cobre e manganês.

Os fumos são formados principalmente pela vaporização do metal de adição e do fluxo.

Quando resfriado, o vapor se condensa e reage com o oxigênio do ar formando partículas muito finas. O tamanho das partículas (0.01-1 µm) influencia a toxicidade dos fumos: quanto menor a partícula maior sua capacidade de causar danos à saúde. As partículas geradas são extremamente pequenas, o que significa que são facilmente inaladas e podem atingir as vias aéreas inferiores.

Na tabela 1 são apresentados diversos metais que podem ser encontrados nos fumos de solda e o seu potencial efeito na saúde do trabalhador.

**Tabela 1** Efeitos à saúde dos principais metais do processo de solda.

<b>Tipo</b>	<b>Efeito a saúde</b>
Alumínio	Irritante respiratório
Berílio	"Febre dos fumos metálicos, que se inicia com fraqueza, salivação excessiva e tosse. O quadro moderado provoca uma intensa sudorese acompanhada por náuseas, dispnéia, taquicardia, dores generalizadas. A forma mais grave apresenta febre e calafrio pode ocasionar confusão mental e alucinações convulsivas." Outros efeitos crônicos incluindo danos ao trato respiratório.
Cádmio	Irritação do sistema respiratório, dor de garganta e seca, dor no peito e dificuldade para respirar. Os efeitos crônicos incluem danos nos rins e enfisema. Cancerígeno.
Cromo	Aumento do risco de cancro do pulmão. Alguns indivíduos podem desenvolver irritação da pele. Algumas formas são cancerígenos (cromo hexavalente).
Cobre	Efeitos agudos incluem irritação dos olhos, nariz e garganta, náuseas e "Febre dos fumos metálicos".
Óxidos de Ferro	Siderose - uma forma benigna da doença pulmonar causada por partículas depositadas nos pulmões. Os sintomas agudos incluem irritação do nariz e os pulmões.
Chumbo	Efeitos crônicos para o sistema nervoso, rins, sistema digestivo e capacidade mental. Pode causar envenenamento por chumbo.
Manganês	"Febre dos fumos metálicos". Efeitos crônicos podem incluir problemas no sistema nervoso central.
Molibdênio	Efeitos agudos são olhos, nariz e irritação da garganta, e falta de ar.
Níquel	Efeito agudo é a irritação dos olhos, nariz e garganta. Aumento do risco de câncer tem sido observado em outros do que a soldagem ocupações. Além disso, problemas associados com dermatite e pulmonares.
Zinco	"Febre dos fumos metálicos".

Fonte CCOHS - Centro Canadense de Saúde e Segurança no Trabalho

Os fumos metálicos são classificados como “Grupo 2B - Possíveis carcinogênicos para humanos” pela IARC (*International Agency for Research on Cancer*, monografia vol. 49, pág. 507). Além disso, muitos processos produzem diferentes gases, mais comumente dióxido de carbono, ozônio, óxidos nitrosos, os quais possuem capacidade de causar efeitos adversos à saúde, conforme descrito da Tabela 2, sendo em algum caso até classificados pela IARC no “Grupo 2A - Provável carcinogênico para o ser humano” (IARC, 2015).

**Tabela 2** Efeitos à saúde de gases formados no processo de solda

Gases	Efeitos a saúde
Óxidos nitrosos	Olho, nariz e irritação da garganta em baixas concentrações. Outros efeitos graves em concentrações mais elevadas. Os efeitos crônicos incluem problemas pulmonares, como enfisema.
Ozônio	Efeitos agudos incluem líquido nos pulmões e hemorragia. Concentrações muito baixas podem causar dores de cabeça e secura dos olhos. Os efeitos crônicos incluem mudanças significativas na função pulmonar.

Fonte CCOHS - Centro Canadense de Saúde e Segurança no Trabalho.

Estudos mostram a presença de doenças pulmonares em soldadores, além de agravamentos leves das vias aéreas, bronquite crônica, asma e alterações radiográficas. Encontrou-se também em soldadores uma redução da qualidade do esperma, indicando indícios de toxicidade à reprodução.

A tabela 3 apresenta os limites de exposição ocupacionais e índices biológicos estabelecidos pelo Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil) e ACGIH (Estados Unidos da América) para as principais substâncias presentes nos fumos metálicos gerados no processo de solda.

**Tabela 3** Limites de exposição ocupacional e indicadores biológicos.

Substância	Monitoramento Ambiental		Monitoramento Biológico	
	Limite de exposição ocupacional		IBMP	Índice Biológico de exposição (BEI)
	NR 15	ACGIH	NR 07	ACGIH
Alumínio	-	1 mg/m <sup>3</sup>	-	
Berílio	-	0,00005 mg/m <sup>3</sup>	-	
Cádmio	-	0,01 mg/m <sup>3</sup>	Urina 5 µg/g creatinina	Urina 5 µg /g (creatinina) Sangue 5µg/L
Cromo IV	-	0,01 mg/m <sup>3</sup>	Urina 30 µg /g creatinina	25 µg /L
Cobre	-	0,2 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Óxidos de Ferro	-	5 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Chumbo	0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>	Sangue 60ug/100 ml Urina 10 mg/g (creatinina)	30 µg /100 ml

Substância	Monitoramento Ambiental		Monitoramento Biológico	
	Limite de exposição ocupacional		IBMP	Índice Biológico de exposição (BEI)
	NR 15	ACGIH	NR 07	ACGIH
Manganês	-	0,2 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Molibdênio	-	10 mg/m <sup>3</sup> (inalável) 3 mg/m <sup>3</sup> (respirável)	-	-
Níquel	0,28 mg/m <sup>3</sup>	0,2 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Zinco	-	-	-	-
Óxidos nitrosos		50 ppm	-	-
Ozônio		0,05 ppm (trabalho pesado) 0,08 ppm (trabalho moderado) 0,10 ppm (trabalho leve)	-	-

### Solventes Orgânicos

Solventes orgânicos são obtidos do refino do petróleo cru (constituído por hidrocarbonetos, enxofre, oxigênio, compostos nitrogenados e traços de metais) e são de grande uso industrial, comercial e doméstico (Ali, 1995). São produtos químicos líquidos à base de carbono, compostos de diversas estruturas químicas, utilizados para diluir ou solubilizar outras substâncias orgânicas.

Na indústria automotiva os solventes orgânicos são encontrados principalmente no processo de pintura, como componentes de tintas, diluentes gerais e em produtos para a limpeza de sistema e pistolas de pintura.

Inúmeros fatores influenciam na absorção respiratória, dentre eles a concentração de vapores no local de trabalho, o esforço físico, a permeabilidade da membrana alvéolo-capilar e a solubilidade específica do solvente no sangue. A absorção dérmica varia com a espessura da pele, a perfusão local e a presença de lesões. O contato persistente através de vestimentas contaminadas é um fator que contribui para maior absorção.

Estudos mostram que classicamente os solventes orgânicos possuem efeitos tóxicos agudos no sistema nervoso central provendo euforia, desinibição vertigens, delírio, náuseas, vômitos, incoordenação motora, parestesias, taquicardia, convulsões, coma e óbito em altas concentrações. Efeitos tóxicos crônicos associados são: cefaléia, fadiga, irritabilidade, perda de memória, depressão, instabilidade emocional, insônia, redução da libido e encefalopatia tóxica.

Outros efeitos conhecidos também podem impactar nos sistemas urinários, cardiovasculares e aparelho reprodutor, como também relacionados com a carcinogenicidade, como o caso do benzeno, classificado pela IARC como “Grupo 1 – Comprovadamente cancerígeno para humanos” por desencadear o desenvolvimento da leucemia mielóide aguda e a síndrome mielodisplásica decorrente da exposição ocupacional a esta substância.

A tabela 4 apresenta os limites de exposição ocupacionais dos principais solventes orgânicos encontrados na indústria.



**Tabela 4** Limites de exposição ocupacional de principais solventes orgânicos na indústria.

Solvente	Limite de exposição ocupacional		Efeitos (ACGIH)
	NR 15	ACGIH (TWA)	
Acetona	780 ppm	500 ppm	Irritação trato respiratório superior e olhos, comprometimento do sistema nervoso central.
Benzeno	VRT	0,5 ppm	Leucemia
Metil etil cetona	155 ppm	200 ppm	Irritação trato respiratório superior, comprometimento do sistema nervoso central e periférico.
Metil n-butil cetona	-	5 ppm	Neuropática periférica, dano testicular.
n-Hexano	-	50 ppm	Comprometimento do sistema nervoso central, neuropatia periférica, irritação dos olhos.
Tolueno	78 ppm	20 ppm	Comprometimento da visão, dano reprodutivo feminino, aborto.
Xileno	78 ppm	100 ppm	Irritação trato respiratório superior e olhos, comprometimento do sistema nervoso central.

O valor de referencia tecnológico – VRT refere-se à concentração de benzeno no ar considerada como referencia para os programas de melhoria contínua das condições dos ambientes de trabalho. Para o benzeno ao contrário da simples estipulação de um limite de exposição, o anexo 13-A da NR 15 introduz a exigência do empregador dispor de medidas e procedimentos concretos de prevenção, estabelecido no Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno – PPEOB, no qual deve estar definido o conjunto de ações a serem implementadas pela empresa.

Na indústria automotiva os tipos de solventes usados são controlados e existem diversas restrições como uso de hidrocarbonetos aromáticos como benzeno, tolueno e diversos hidrocarbonetos alogenados, como cloreto de metileno, dicloroetano e tetracloroetileno.

#### **4. ATUAÇÃO DA TOXICOLOGIA OCUPACIONAL**

A toxicologia ocupacional desempenha um importante papel no controle de riscos químicos na indústria, incluindo a automotiva. O conhecimento das substâncias que compõe os produtos químicos, suas vias de absorção, disposição no organismo e controle da exposição são as principais ferramentas para minimização dos riscos químicos ocupacionais.

A Toxicologia ocupacional tem por objetivo a avaliação dos efeitos adversos causados pelos produtos químicos presentes no ambiente de trabalho, e desta forma busca estabelecer medidas de segurança na utilização e conseqüentemente prevenção da intoxicação com estas substâncias, antes que ocorram alterações da saúde.

Com base no conhecimento da toxicidade das substâncias químicas são estabelecidas, dentro da indústria, proibições, restrições e limites máximos de concentração para alguns agentes, assim como medidas de controle adequadas durante o manuseio e monitorização ambiental dos locais de trabalho com objetivo de manter as concentrações das substâncias abaixo dos limites de exposição estabelecidos na legislação vigente.

Podemos dividir as atividades de toxicologia ocupacional na indústria em reconhecimento, avaliação e controle.

Na etapa de reconhecimento todos os produtos químicos usados no processo devem ser conhecidos, desta forma, antes do produto ser incorporado ao processo deve haver uma avaliação prévia das suas características e identificação de perigos. Para esta etapa a principal fonte de informação dos produtos químicos está na Ficha de Informações de Segurança dos Produtos Químicos (FISPQ). Este documento fornece informações sobre vários aspectos da substância ou mistura quanto à proteção, à segurança e à saúde humana, nele são descritos conhecimentos básicos sobre os produtos químicos, recomendações sobre medidas de proteção e ações em situação de emergência. Na seção 2 da FISPQ, uma das mais importantes do documento, o fornecedor do produto químico deve descrever os perigos utilizando os critérios de um sistema de classificação, o qual está publicado na parte 2 da ABNT NBR 14725 e segue o GHS (*Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals*), estabelecido pela ONU (Organização das Nações Unidas).

Informações detalhadas relacionadas com a composição do produto e riscos associados podem também ser obtidas diretamente com o fabricante ou fornecedor do produto químico. A informação ao trabalhador no seu local de trabalho do uso de produto químico durante a atividade que será realizada auxilia na avaliação da exposição e possíveis vias de absorção com intuito de estabelecer medidas de controle adequadas.

Uma vez conhecidos os perigos do produto químico e o cenário de exposição durante o uso, cabe a aplicação dos conhecimentos de toxicologia ocupacional em conjunto com as competências e ferramentas das áreas de Segurança do Trabalho e Engenharias verificar se as condições de trabalho oferecem meios seguros e adequados para manusear o produto químico de forma a não comprometer a saúde dos trabalhadores. As indústrias têm adotado condutas para banir o uso de substâncias com elevada toxicidade em seus processos produtivos.

A hierarquia de avaliação das substâncias perigosas utilizadas consiste em eliminação, substituição e redução. Quando a exposição a uma substância química é inevitável, procura-se controlar ou mesmo determinar limites seguros e permissíveis no ambiente de trabalho através de monitoramento ambiental e, sempre quando possível, busca-se a substituição por substâncias de menor toxicidade.

Uma das ferramentas de avaliação do risco químicos ocupacionais constitui no monitoramento ambiental que quantifica a concentração dos agentes químicos no ambiente de trabalho, ou seja, a quantidade do agente que o trabalhador está exposto e pode ser absorvido pelo seu organismo; as concentrações obtidas são comparadas com limites de exposição ocupacional previamente definidos por agências governamentais. Outra forma de avaliação dos riscos é através do monitoramento biológico, que consiste na avaliação de agentes químicos ou seus metabólitos em tecidos, secreções, excreções, ar exalado ou qualquer combinação destes para avaliar o risco à saúde quando comparado com referências apropriadas (FUNDACENTRO, 2014).

Assim, com base nos dados obtidos e comparação com os limites seguros, é possível evitar que exposição atinja níveis perigosos, controlando o risco no local de trabalho.

Na avaliação pela monitorização ambiental são levantadas informações tais como, atividades exercidas pelos trabalhadores, condições de ventilação, temperatura do local de trabalho, número de trabalhadores expostos, ritmo de produção, tempo de exposição, características dos agentes químicos, para que sejam selecionadas as quantidades de amostras a serem coletadas.

O Ministério do Trabalho e Emprego estabelece a obrigatoriedade do monitoramento ambiental dos agentes químicos que possuem limite de tolerância estabelecidos Norma Regulamentadora nº15 (NR 15), por meio do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) descrito na Norma Regulamentadora nº 09 (NR 9).

No contexto da indústria automotiva, a maior parte das amostras coletadas para avaliação são realizadas nas áreas de usinagem devido a exposição a óleo mineral, armação onde são gerados os fumos metálicos e na pintura devido a presença dos solventes provenientes das tintas.

De acordo com a NR 09 na ausência de limites de exposição ocupacional estabelecidos na relação da NR 15 devem ser adotados os valores estabelecidos pela ACGIH - *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos.

A identificação e quantificação do risco através da monitoração biológica dos trabalhadores estão prevista na Norma Regulamentadora nº7 (NR 7). Os exames laboratoriais realizados em amostras biológicas provenientes de trabalhadores expostos têm seus resultados confrontados com os indicadores biológicos estabelecidos na NR 7, sendo a indústria obrigada a elaborar e implementar o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO).

Segundo a FUNDACENTRO (2014), como monitoramento biológico da exposição complementa o monitoramento ambiental, se não existirem ações de Higiene do Trabalho no controle dos ambientes de trabalho, e se os achados nos exames não forem úteis para retroalimentação do controle do ambiente, os exames médicos ocupacionais (incluindo o MB da exposição) servirão apenas para uma série de outros propósitos, como cumprir legislação trabalhista, notificar agravos de saúde à Previdência Social, entre outros, mas conceitualmente não se estará realizando o seu intuito básico, que é o monitoramento da exposição ocupacional a um agente químico. A toxicologia ocupacional na indústria atua em parceria com a Medicina Ocupacional para a realização destes exames e controle dos resultados.

Na etapa de controle são determinadas as medidas necessárias para eliminar ou minimizar a exposição. As medidas podem ser desde a implantação de equipamentos de proteção coletiva, tais como cabines de pintura com insuflamento de ar e lenço d'água, sistema de exaustão para fumos de solda, capelas de exaustão para laboratórios, sistemas de ventilação, como também, medidas administrativas como rodizio e treinamento para reduzir os riscos para os trabalhadores, além de, num segundo momento, medidas de controle individuais como proteção respiratória, luvas impermeáveis etc.

## **6 DADOS DE MINIMIZAÇÃO DE RISCOS**

O gerenciamento de agentes químicos exige o prévio conhecimento do seu fluxo, a preocupação de eliminar ou reduzir riscos e a prevenção e o combate de impactos adversos, em todos os estágios de seu ciclo de vida.

Dados coletados em uma indústria automotiva mostram que foi identificada a necessidade de profissional com qualificação especializada para minimizar os impactos causados por estes agentes e promover significantes alterações nos produtos químicos e seus processos

contribuíram para a redução da exposição dos trabalhadores, de forma a contribuir com ambientes de trabalho seguros.

Considerando que os processos com manuseio de óleo minerais, sem adequada proteção, podem conduzir a diversas manifestações de irritação ou mesmo de doenças ocupacionais, tais como dermatites de contato, câncer cutâneo, erupções e outras, para a proteção ao trabalhador às medidas de controle preconizadas referem-se fundamentalmente às condições de higiene pessoal, procurando manter limpa a roupa e lavando frequentemente as regiões expostas, e do uso de barreira impeditivas do acesso dos agentes ao homem, tais como luvas, aventais e cremes protetivos. No caso da existência de condições de formação de vapores ou névoas, em processos nos quais existe aquecimento dos óleos minerais, foram recomendadas a instalação de exaustão localizada e contenção de vapores. Em diversos processos de contato com óleo, foi substituído por óleo vegetal (soja milho, mamona, gordura, etc.) ou sintético (ésteres de ácidos dibásicos, ésteres de silicatos, silicones, ésteres de poliglicol, etc.) que não apresentam nenhum produto derivado de petróleo, não apresentando risco potencial. Utilizou-se óleos de baixos teores ou mesmo com ausência de aromáticos em locais onde não foi possível substituir por óleos vegetais devido a ineficiência no processo.

Para os processos de montagem que utilizavam cola amarela, considerados insalubres por conterem solventes orgânicos contendo hidrocarbonetos aromáticos, tais como tolueno foi introduzido um novo processo para a colagem das peças denominado HOT MEL (termo adesivos), que é um tipo de adesivo isento de solventes orgânicos e de menor toxicidade.

Nas cabines de pintura, onde se utiliza a maior parte dos solventes orgânicos, além da cabine de pintura possuir insuflamento de ar e cortina d'água para a remoção dos solventes balanceados de forma a manter constante pressão positiva no interior da cabine e dos trabalhadores utilizarem botas, luvas, máscaras adequadas e roupa de proteção do corpo, foram implantadas pausas de 1x1 hora e de 2x1, ou seja, trabalha-se uma hora e repousa uma hora ou trabalha-se duas horas e descansa 1 hora, de acordo com a linha. As tintas na maioria dos processos foram substituídas por tintas base água com menor quantidade de solventes e que não são inflamáveis.

Todos os postos de trabalho que geram fumos de solda foram implantados sistemas de exaustão com a finalidade de exaurir os fumos metálicos. De acordo com os resultados das avaliações ambientais realizadas não foi identificada a necessidade de utilização de máscara, devido o sistema de exaustão ter sido projetado para captar os gases e ser eficiente.

Com base na substituição dos produtos químicos e/ou alterações dos processos mencionados, dados coletados num período de 10 anos, mostram que as alterações ocupacionais evidenciados em avaliação ambiental e monitorização biológica são mínimas, comprovando que o método de controle adotado tem mitigado os riscos de exposição aos agentes químicos. Constatou-se que as exposições a óleo mineral, fumos metálicos e solventes orgânicos estão em concentrações abaixo no nível que garante a segurança à saúde dos trabalhadores.

## **7 CONCLUSÃO**

Com a crescente utilização de produtos químicos pela indústria automotiva e a inserção de produtos em quase todos os seus principais processos como, Estamparia, Armação e Pintura, são reconhecidos que trabalhadores estão expostos a agentes químicos e esta exposição precisa ser monitorada através de avaliações ambientais e monitorização biológica de acordo com as normas do Ministério do Trabalho e Emprego, garantindo desta forma a saúde dos empregados e evitando doenças ocupacionais.

Dentre os principais fatores que influenciam a maior ocorrência de toxicidade de uma substância química podemos citar: a frequência de exposição; a duração da exposição; e a via

de administração da substância. Portanto visando prevenir à ocorrência de danos as pessoas expostas, deve-se conhecer o tipo de efeito que ela produz, a dose para produzir tal efeito, as informações sobre as características/propriedades da substância e as informações sobre a exposição.

Considerando que para avaliação de produtos químicos é necessário conhecimento da toxicidade das substâncias e suas interações no organismo, para a realização destes monitoramentos e medidas de controle efetivas, bem como a adoção de restrições e proibições de substâncias, é de extrema importância a aplicação dos conhecimentos da Toxicologia Ocupacional.

Conclui-se através dos dados de uma indústria automotiva, que além das medidas de controle adotadas, este índice satisfatório de controle está atribuído à atuação da Toxicologia Ocupacional que contribui para a eliminação e substituição de muitas substâncias perigosas do processo produtivo, assim como no estabelecimento de limites de uso aceitáveis para os produtos ofertados pelos fabricantes, uma vez que são conhecidas as características, toxicidade e riscos destes agentes químicos.

## 8 REFERENCIAS

R.J. Ellison; B.J.Simpson. The use of the dimethyl by the IP 346 method as an indicator of the carcinogenicity of lubricant base oil and distillate aromatic extracts. Report 9451 1994. **Conservation of Clean Air and Water in Europe - CONCAWE**. Disponível em: <https://www.concawe.eu/uploads/Modules/Publications/rpt9451ocr-2005-00417-01-e.pdf>. Acesso em: jan.2016

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENE OCUPACIONAL. **Limites de exposição Ocupacional (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos & Índices Biológicos de de Exposição (BEIs)**. São Paulo. 2014.

BUSCHINELLI, José. **Manual de Orientação sobre controle médico ocupacional de exposição a substâncias químicas**. São Paulo: Fundacentro, 2014. Disponível em: <https://www.google.com.br/#q=Manual+de+Orienta%C3%A7%C3%A3o+sobre+controle+m%C3%A9dico+ocupacional+de+exposi%C3%A7%C3%A3o+a+subst%C3%A2ncias+qu%C3%ADmicas>. Acesso em: maio.2016.

International Agency for Research on Cancer. **IARC Monographs 100 F**. 192. 1987. Disponível em: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100F/mono100F-24.pdf>. Acesso em: dez.2015

International Agency for Research on Cancer. **IARC Monographs 49-8B**. 192. 1987. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol49/mono49-8B.pdf>. Acesso em: dez.2015

Welding - Fumes and Gases. **CANADIAN CENTRE FOR OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY**. 2016. Disponível em: [http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety\\_haz/welding/fumes.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/welding/fumes.html). Acesso em: maio. 2016.

MATHEUS, Bruna; DAHER, Maria Jose. Risco químico associado aos fumos de solda e poeira metálica. **Revista Rede de Cuidados de Saúde**. ISSN 1982-6451.

GOMES, Jorge. Saúde do Trabalhador em Operações de Soldagem. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. Nº - Vol. 13 - Janeiro, Fevereiro, Março, 1985.

COLACIOPPO, Sérgio. Avaliação da Exposição Profissional a Fumos Metálicos em Operações de Solda. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**. Nº49. - Vol. 13 – Janeiro, Fevereiro, Março, 1985.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 07** - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência Social. 2016. Disponível em: <http://www.mtpps.gov.br/seguranca-e-saude-norabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acesso em: abril. 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 09** - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência Social. 2016. Disponível em: <http://www.mtpps.gov.br/seguranca-e-saude-norabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acesso em: abril. 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15** –Atividades e Operações Insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência Social. 2016. Disponível em: <http://www.mtpps.gov.br/seguranca-e-saude-norabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>. Acesso em: abril. 2016.