



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE SAÚDE COLETIVA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE COLETIVA
DOUTORADO EM SAÚDE PÚBLICA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EPIDEMIOLOGIA**

Valquíria Lima Cavalcanti

**POLÍTICAS DE PREVENÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE A
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO**

SALVADOR, BA

2022

VALQUÍRIA LIMA CAVALCANTI

**POLÍTICAS DE PREVENÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE A
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva do Instituto de Saúde Coletiva, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Saúde Pública, na área de concentração em Epidemiologia, tendo como orientadora a Profa. Dra. Vilma Sousa Santana.

SALVADOR, BA

2022

Ficha Catalográfica
Elaboração Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

C377p Cavalcanti, Valquíria Lima.

Políticas de prevenção e seus efeitos sobre a exposição ocupacional ao Benzeno / Valquíria Lima Cavalcanti – Salvador: V.L. Cavalcanti, 2022.

102 f.: il

Orientadora: Profa. Dra. Vilma Sousa Santana.

Tese (Doutorado) - Instituto de Saúde Coletiva. Universidade Federal da Bahia.

1. Benzeno. 2. Exposição Ocupacional. 3. Medidas de Proteção. 4. Revisão Sistemática. 5. Distribuição Temporal. I. Título.

CDU 615.9



Universidade Federal da Bahia
Instituto de Saúde Coletiva
Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva

VALQUIRIA LIMA CAVALCANTI

Políticas de prevenção e efeitos sobre a exposição ocupacional ao benzeno

A Comissão Examinadora abaixo assinada aprova a Tese, apresentada em sessão pública ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia.

Data de defesa: 04 de janeiro de 2022.

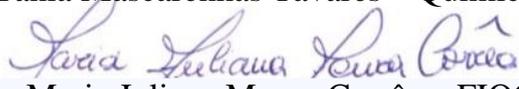
Banca Examinadora:


Profa. Vilma Sousa Santana - Orientadora - ISC/UFBA


Prof. Carlos Antonio de Souza Teles Santos - UEFS


Prof. Jorge Mesquita Huet Machado - FIOCRUZ


Profa. Tania Mascarenhas Tavares – Química/UFBA


Profa. Maria Juliana Moura Corrêa – FIOCRUZ


Prof. Danilo Fernandes Costa - UFPB

Salvador
2022

Dedico este estudo aos trabalhadores,
especialmente àqueles que com
despreendimento e corajem participam
dos grupos de trabalhadores do benzeno
– GTB, atuando no dia-a-dia do chão de
fábrica para que os seus direitos sejam
respeitados.

AGRADECIMENTOS

A Vilma Santana pela orientação, ensinamentos, estímulo e paciência. Seu exemplo nos inspira a seguir em frente, a buscar o conhecimento, a não se satisfazer com a primeira versão. A você minha gratidão!

Ao professor Carlos Teles, pelo apoio e orientação preciosa!

Ao meu amigo Felipe Campos um agradecimento mais que especial, você foi fundamental para que eu pudesse concretizar esse projeto.

Aos amigos de Doutorado, a turma dos “unidos pelo desespero estatístico”, que delícia ter vocês como colegas, só por isto o doutorado já teria valido a pena!

Aos colegas e amigos do PISAT (Programa Integrado de Saúde Ambiental e do Trabalhador), gratidão pelo acolhimento, vocês são uma família maravilhosa.

A Jeogia, uma flor, sempre atenciosa, atenta e gentil.

Aos colegas do Ministério do Trabalho, especialmente, à Albertinho Carvalho, Roberto Miguel, Maurício Mello, Carla Paes, Josélia Nogueira, Paulo Conceição pela parceria em vários momentos dessa trajetória.

A minha mãe, minha primeira professora, que com seu amor libertário e incondicional me estimulou ao longo da vida a ousar e enfrentar desafios! AMO VOCÊ MAINHA!

A Tom, meu amor, companheiro, parceiro para todas as horas, que encanta meu dia a dia com seu bom humor e animação. Nossa jornada é singular e especial, com você divido as alegrias e angústias dessa vida, com você o caminhar nessa estrada árdua do doutorado ficou mais leve. TE AMO!

A Toninha e Cacau, presentes de DEUS na minha vida, sou grata pela compreensão das minhas ausências, pelo sorriso nos meus momentos de agonia, pela presença, pela escuta, mesmo sem entender direito o significado. Meus filhos, MEUS AMORES mais lindos do mundo!

RESUMO DA TESE

CAVALCANTI, VL. POLÍTICAS DE PREVENÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE A EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO. 85p. Tese (Doutorado). Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal da Bahia, 2022.

POLÍTICAS DE PREVENÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE A EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO

Contexto - O benzeno é reconhecido mundialmente como cancerígeno para humanos desde 1982. Isso impulsionou a formulação e implementação de políticas de prevenção a partir de Convenções da Organização Internacional do Trabalho. O Brasil produz e emprega amplamente o benzeno em vários processos produtivos, resultando em grande número de trabalhadores potencialmente expostos. Em 1995, a Norma Regulamentadora 15, Anexo n.º 13-A, do Ministério do Trabalho (MT), estabeleceu a implantação compulsória de Programas de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno (PPEOB). Mais tarde a Portaria MT 34/2001 definiu o uso do ácido *trans*, *trans*-mucônico urinário (AttM-U) como indicador biológico da exposição (IBE) ao benzeno. Decorridos 25 anos ainda são pouco conhecidos os efeitos dessa Política na exposição ocupacional a esse agente.

Objetivo geral – Descrever os avanços no mundo e, no Brasil, dos efeitos das políticas de prevenção sobre a exposição ocupacional ao benzeno.

Objetivos específicos – Estudo 1: sistematizar o conhecimento sobre o impacto de políticas de prevenção sobre a exposição ao benzeno no mundo;

Estudo 2: investigar a adoção da NR15, Anexo n.º 13-A, por meio do grau de implantação do PPEOB segundo componentes, dimensões e subdimensões, em algumas empresas do Brasil; **Estudo 3:** avaliar a exposição ocupacional ao benzeno por meio do indicador biológico ácido *trans*, *trans*-mucônico urinário (AttM-U).

Métodos – Estudo 1: Revisão sistemática de estudos observacionais ou revisões de literatura por meio de publicações de 2000 a 2020 buscadas na Web of Science, PUBMED, BVS, SCIELO, LILACS, EMBASE, (PROSPERO registro n.º CRD42020198470). **Estudo 2:** Estudo pré-pós realizado com documentos e bases de dados para os anos 2000 e 2017, em indústrias que empregam benzeno. Todas as empresas sob inspeção do MT de um estado (N=9) com dados disponíveis foram estudadas. Dados provêm de uma lista de verificação, elaborada por uma Comissão Tripartite, empregada pelos auditores do Ministério do Trabalho (MT), em inspeções acompanhadas por trabalhadores (membros do GTB) e técnicos das empresas, para avaliar a implantação das ações de prevenção e controle previstas na regulamentação do benzeno, na qual foram identificadas dimensões, subdimensões e variáveis componentes. Cada variável foi respondida com 1=não implantado, 2=implantado parcialmente e 3 = implantado totalmente, empregados para estimar escores com a soma não-ponderada dos pontos correspondentes às variáveis. O

grau de implantação corresponde à proporção alcançada do escore máximo possível. A diferença pré-post foi analisada com a variação proporcional percentual (VPP%) do grau de implantação ao longo do tempo de estudo. **Estudo 3:** O desenho é transversal seriado conduzido com documentos e bases de dados do PPEOB fornecidos ao MT por empresas inspecionadas, no período de 2012 a 2017. De acordo com as normas vigentes, considerou-se exposto ao benzeno pessoas com níveis do IBE – AttM-U maior ou igual a 0,5 mg/g de creatinina. Para cada grau/tipo de implantação do PPEOB, a evolução da proporção de expostos no período foi analisada, em cada uma das empresas.

Resultados- Estudo 1: Foram selecionados 25 artigos que se concentravam em países europeus e da América do Norte. Concentrações médias de benzeno no ar declinaram, a partir da metade da década de 1980 até o final do período do estudo. Na China e Coreia (n=7; 27%) o declínio contou com flutuações. Houve diferenças nas tendências de acordo com a ocupação e empresas, ainda que fossem do mesmo ramo de atividade. Fatores associados ao declínio foram: redução nos limites de concentração de benzeno no ar, mudanças regulatórias e a adoção de medidas tecnológicas. **Estudo 2:** Das nove empresas 1) quase metade (n = 4) evoluiu positivamente na implantação do PPEOB, mais comumente com a adoção de Soluções Tecnológicas para Proteção Coletiva; 2) três não avançaram na implantação relativa ao conteúdo técnico do PPEOB; 3) duas reduziram o grau de efetivação do PPEOB, tanto no escopo quanto na qualidade do monitoramento da exposição ao benzeno e na participação dos trabalhadores, com evolução positiva nas demais subdimensões. **Estudo 3:** Dos 1.058 trabalhadores com medidas do IBE entre 2012 e 2017, no ano base de 2012, houve expostos em cada uma das empresas, cuja proporção se reduziu no último ano do estudo (2017) para apenas uma delas. Consistentemente, a maior proporção de expostos foi estimada naquelas de evolução negativa da implementação do PPEOB. Limites dos dados disponíveis comprometeram as conclusões.

Conclusão- Estudo 1: Evidências científicas mostram declínio nos níveis de concentrações de benzeno nos ambientes laborais, com variações entre países, empresas e ocupações. **Estudo 2:** Apesar do pequeno número e limitada representatividade das empresas, os achados mostram avanços no grau de implantação das medidas de controle da exposição ao benzeno em quase metade das empresas, enquanto 1/3 não avançou expressivamente. **Estudo 3:** Embora com limitações metodológicas, este estudo avança no conhecimento sobre a exposição ocupacional ao benzeno em empresas do Brasil em uma fase posterior a implantação de uma nova regulamentação. No país, os estudos existentes são escassos, e se concentram em períodos anteriores à publicação do Anexo n.º 13-A da NR15, abordando os efeitos sobre a saúde dos trabalhadores. Neste sentido, esta análise inova por revelar os níveis de exposição ao benzeno que trabalhadores em ocupações e empresas diversas estão sujeitos. Essas informações podem ser valiosas para subsidiar melhorias da política de prevenção da exposição ao benzeno no país. Os estudos 2 e 3 apresentaram algumas limitações devido a: 1) os dados não foram planejados para uma pesquisa, são oriundo de bases de dados do MT e das empresas, para as quais a autora teve permissão de acesso; 2) os dados de mensurações de IBE, utilizados no estudo 3, são de responsabilidade das empresas, relativos ao cumprimento de uma norma legal, (potencial conflito de interesses); 3) a amostra não foi probabilística ou representativa, nem pautada pelo requerido poder

estatístico do estudo, de modo a permitir inferências populacionais ainda que fosse para cada empresa separadamente; 4) Embora as inspeções do MT fossem realizadas com periodicidade bienal, o processo de implantação de medidas de controle, particularmente das soluções tecnológicas, ocorre em médio ou longo prazo, por esse motivo, no Estudo 2, optou-se por utilizar os dados da primeira auditoria realizada após a nova regulamentação do benzeno, e da última, com intervalo de 17 anos entre as medidas do pré e da pós. Esse grande intervalo limita as conclusões/inferências do Estudo 2, especificamente. 6) os dados disponíveis para o estudo 3 são esparsos com intervalos longos sem registros e, quando surgem são poucos, concentrando-se em algumas medidas que se repetem dificultando a análise das medidas de natureza contínua do IBE; 7) a grande diferença entre as empresas e os dados faltantes que se concentraram em algumas delas, dificultaram a análise dos dados conjuntamente.

Apesar das limitações, os resultados obtidos permitiram constatar que, embora com evolução positiva na implantação da política de prevenção em quase metade das empresas avaliadas, havia trabalhadores com níveis de exposição ao benzeno que ultrapassavam os valores de referência em todas as empresas incluídas nesse estudo, nos anos de 2012 a 2015. Estes resultados são expressivos, especialmente por se tratar da primeira avaliação quantitativa após o marco regulamentador de prevenção da exposição ocupacional ao benzeno.

ABSTRACT

PREVENTION POLICIES AND EFFECTS ON THE BENZENE OCCUPATIONAL EXPOSURE

Context - Benzene has been recognized worldwide as a carcinogen to humans since 1982. This launched the proposal and implementation of prevention policies based on the Conventions established by the International Labor Organization. Brazil produces and uses benzene widely in many different industrial processes resulting in many potentially exposed workers. In 1995, Regulatory Standard 15, 13a, of the Ministry of Labor, MT, established a mandatory implementation of the Programs for the Prevention of Occupational Exposure to Benzene (PPEOB). Later, MT defined the measurement of trans-muconic acid (ttMA) as a biomarker of benzene exposure. After 25 years, the effects of this Policy on occupational exposure to this agent are still unknown.

Objective – to describe the impact of the prevention policies on benzene occupational exposure, in the world and, in Brazil.

Specific objectives – 1) Study 1: to systematize the knowledge about the impact of prevention policies on benzene exposure in the world; 2) Study 2- in Brazil, to investigate the adoption of NR15, through the degree of implementation of the PPEOB according to components, dimensions and subdimensions, in some companies in Brazil; 3) Study 3- to the PPEOB effects on occupational exposure to benzene, analyzed by a biomarker - trans-muconic acid.

Methods – Study 1: A systematic review of observational studies and literature reviews was carried out from the year 2000 to 2020 in Web of Science, PUBMED, VHL, SCIELO, LILACS, EMBASE. **Study 2.** This is a pre-post study carried out with documents and databases for the years 2000 and 2017 in benzene users' companies. Data correspond to records obtained from a checklist developed by a Tripartite Commission, utilized by labor inspectors of the Ministry of Labor (MT). The workplace inspections were carried out by inspectors and accompanied by GTB members, and technicians from the companies. They were aimed to evaluate the implementation of prevention and control programs according to dimensions, subdimensions and component variables. Each variable answer was coded with 0 = not implemented, 1 = partially implemented or 2 = fully implemented, Composite scores were estimated corresponding to the unweighted sum of variables codes. The proportion of these scores in relation to the maximum achievable measure the implementation degree. Pre-post differences correspond to the proportionate percentage change over time (PPV%) of the degree of implementation.

Study 3. The design is a cross-sectional study conducted with PPEOB documents and databases sent to the MT by inspected companies at six months interval from 2012 to 2017. All companies inspected by the MT from one (N=9) with available data were studied. Exposed to benzene were workers with measurements of trans-muconic acid greater than or equal to 0.5 mg/g of creatinine.

Findings: Study 1. Twenty-five articles were selected that focused on European and North American countries. Average concentrations of benzene in the air declined from the mid-1980s to the end of the study period. In China and Korea, the decline

had fluctuations. There were differences in trends according to occupation and companies even if they were in the same activity. Factors associated with the decline were: reduction in allowed limits of occupational exposure, regulatory changes, and the adoption of technological innovations. **Study 2.** Out of the nine companies four showed an increase in the implementation of the PPEOB, most commonly with the adoption of Technological Solutions for Collective Protection; three presented variable evolution (positive, negative, and stationary), according to the subdimensions and two presented some subdimensions with negative evolution and scope as well as quality of monitoring of benzene exposure. **Study 3-** Out of the 1,058 workers with IBE measures between 2012 and 2017, exposed workers were identified in 2012 in each of the companies that had data collected, which turned to only one company in the last year of the study (2017). Consistently, the highest proportion of exposed occurred in those with negative parameters of implementation of the PPEOB.

Conclusion: Study 1- Scientific evidence shows a decline in levels of benzene concentrations in occupational environments, with differences among countries, companies, and occupations. **Study 2 -** Despite the small number and limited scope of the companies, these findings show advances in the degree of implementation of measures to control benzene exposure in almost half of the companies, although despite of the workspace inspections, 1/3 did not advance significantly. Although the inspections were carried out on a biennial basis, the process of implementing control measures, particularly technological solutions, occurs in the medium or long term. For this reason, in Study 2, we chose to use the data of the first audit performed after the new regulation of benzene, and the last one with an interval of 17 years between the pre and post measures. This large interval limits the conclusions/inferences of this study, **Study 3 -** Considering methodological limitations, this study furthers advances knowledge about occupational exposure to benzene in Brazilian companies. Brazilian studies are scarce, and results are based on prior regulatory standards. So, this study brings new evidence on the levels of exposure to benzene that workers in different occupations and companies are subjected. This information can be valuable to support discussions on improvements in the policy of preventing benzene exposure in the country. However, in general, the conclusions of study 2 and 3 present limitations due to: 1) the data comes from the database of the MT and the companies, for which the author was granted access; 2) the data of IBE measurements, used in Article 3, was collected by the companies with respect to a legal requirement, 3) the sample was not probabilistic or representative, nor guided by the required statistical power of the study to allow population inferences even if it were for each company separately; 4) the data available for study 3 are sparse with long intervals without records and focusing on some repeated measures making it difficult to analyze the measures of a continuous nature; Despite the limitations, the results showed that, although with a positive evolution with respect to the implementation of a prevention policy in almost half of the evaluated companies, situations of exposure to benzene still persist in all companies included in this study. These results are significant, especially since it is the first quantitative analysis after the regulatory framework for the prevention of occupational exposure to benzene.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

ESTUDO 1 - TENDÊNCIA TEMPORAL DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO: REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1.	Fluxograma de seleção dos estudos para a revisão sistemática	44
Tabela 1.	Artigos utilizados para a revisão	45

ESTUDO 2 - AVANÇOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL DO BENZENO (PPEOB) - BRASIL, 2000 -2017

Tabela 1.	Dimensões, subdimensões e número de variáveis componentes e respectivo escore máximo	67
Tabela 2.	Variação proporcional percentual do grau de implantação estimado entre 2000 e 2017, por subdimensão para cada empresa	68
Tabela complementar 1.	Matriz com dimensões, subdimensões e variáveis componentes	69
Figura 1.	Etapas da obtenção dos dados	73

ESTUDO 3 - PROGRAMAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO (PPEOB) E NÍVEIS DE ÁCIDO TRANS, TRANS-MUCÔNICO EM TRABALHADORES, 20012-2017

Figura 1.	Estrutura da população do estudo, de acordo com o semestre, por ano-calendário (2012-2017), e medidas do indicador biológico de exposição - IBE	97
Tabela 1.	Características da população do estudo na linha de base (2012), total e da amostra com medidas do IBE	98
Tabela 2.	Distribuição da proporção (%) de expostos (IBE \geq 0,5mg/g de creatinina), de acordo com o tipo de evolução da implantação do PPEOB, por empresa e ano/semestre. 2012 – 2017	99
Tabela 3.	Distribuição das mensurações de IBE (Min. Máx e amplitude) por empresas e grau de implantação do PPEOB	100

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AFR	Ações Fiscais Realizadas
AttM-U	Ácido trans, trans-mucônico na Urina
BEI	Biological Exposure Indice
CBO	Classificação Brasileira de Ocupações
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CNPBz	Comissão Nacional Permanente do Benzeno
EPI	Equipamento de proteção individual
EXPB	Exposição ao Benzeno
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GSE	Grupos Similares de Exposição
GTB	Grupo de Trabalhadores do Benzeno
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography
IBMP	Índice Biológico Máximo Permitido
IARC	International Agency for Research on Cancer
IBE	Indicador Biológico de exposição
LINACH	Lista Nacional de Agentes Cancerígenos para Humanos
MT	Ministério do Trabalho
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEL	Permissible Exposure Limits
ppm	partes por milhão
PCMSO	Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PPEOB	Programa e Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SAS	Statistical Analysis System

SESMT	Serviço de Engenharia, Segurança e Medicina no Trabalho
SIT	Departamento de Segurança e Saúde da Secretaria de Inspeção do Trabalho
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	17
INTRODUÇÃO	18
ARTIGO 1 – TENDÊNCIA TEMPORAL DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO: REVISÃO DE LITERATURA	
RESUMO	22
ABSTRACT	24
1 Introdução	25
2 Material e métodos	26
3 Resultados	27
4 Características das publicações	28
5 Características metodológicas	29
6 Tendências do nível de exposição ocupacional ao benzeno	30
7 Discussão	32
8 Vantagens e Limites	37
9 Conclusão	38
Referências	39
ARTIGO 2 – AVANÇOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO (PPEOB) - BRASIL, 2000 -2017	
RESUMO	50
ABSTRACT	52
1 Introdução	54
2 Materiais e métodos	55
2.1 O sistema de registro de dados do PPEOB nas empresas	55
2.2 Definição de variáveis	56
2.3 Análise estatística	57
3 Resultados	58
4 Discussão	59
Referências	65

ARTIGO 3 – PROGRAMAS DE PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO	
BENZENO (PPEOB) E NÍVEIS DE ÁCIDO TRANS, TRANS-MUCÔNICO	
EM TRABALHADORES, 2012-2017.....	
	74
Resumo.....	76
Abstract.....	78
.	
1 Introdução.....	80
2 Material e métodos.....	83
2.1 Desenho e população do estudo.....	83
2.2 Coleta de dados.....	83
2.3 Definição de variáveis.....	84
3 Análise.....	85
4 Resultados.....	85
4.1 Empresas com grau de implantação positivo em todas as dimensões	
e subdimensões.....	86
4.2 Empresas com grau de implantação variado (estagnação, positivo e	
negativo)	87
4.3 Empresas com grau de implantação negativo em alguma	
subdimensão e positivo nas demais.....	87
5 Discussão.....	88
Referências.....	92
Conclusões.....	101
7 Referências (citadas na Introdução).....	102
ANEXO I - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA	
ANEXO II - PROCESSO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DOS DADOS	

APRESENTAÇÃO

O presente estudo foi desenvolvido durante o Doutorado em Saúde Pública, área de concentração em Epidemiologia, e apresentado como tese para obtenção do título de Doutor em Saúde Pública. A exposição ocupacional ao benzeno foi o tema central desse trabalho, e a questão norteadora da investigação consistiu em saber se as políticas para prevenção e controle vêm promovendo um declínio dessa exposição.

Neste sentido, definiu-se como objetivo geral “descrever os avanços no mundo, e no Brasil, dos efeitos das políticas de prevenção sobre a exposição ocupacional ao benzeno”, concretizado em três estudos, cujos objetivos específicos foram: Artigo 1. Sumarizar achados de estudos sobre tendências temporais da exposição ocupacional ao benzeno; Artigo 2. Avaliar o grau de implantação das ações que compõem a política de proteção dos trabalhadores frente à exposição ao benzeno, corporificada nas diretrizes e parâmetros definidos no Anexo n.º 13-A da Norma Regulamentadora 15, Portaria 14/95, com foco no PPEOB; e Artigo 3. Descrever os níveis de exposição ao benzeno de trabalhadores empregados em empresas cadastradas no MT, por meio da quantificação do AttM-U presente na urina, após a instituição da implantação do PPEOB.

Com este estudo pretende-se contribuir para o avanço do conhecimento sobre os efeitos das políticas de prevenção e controle, produzindo informações que possam subsidiar as discussões em torno das melhorias das ações voltadas para a prevenção da exposição ao benzeno, além de abrir um caminho para que pesquisas com dados de acesso restrito às empresas e órgãos de governo possam ser realizadas com segurança e confidencialidade das informações.

INTRODUÇÃO

O benzeno é um hidrocarboneto aromático obtido da destilação do petróleo ou da queima de carvão na produção de coque, amplamente utilizado na produção de poliestireno, náilons, resinas fenólicas, acetona, detergentes, dentre outros produtos. Também pode estar presente, como contaminante, em alguns derivados do petróleo, incluindo a gasolina, além de ser um componente da fumaça do cigarro, produzindo exposições ocupacionais e ambientais (IARC, 2017).

Desde 1982 o benzeno é reconhecido como cancerígeno comprovado para seres humanos pela Agência Internacional de Pesquisa de Câncer – IARC, da Organização Mundial da Saúde – WHO/OMS. Esse reconhecimento se baseia em achados de vários estudos cuja maioria encontrou a exposição ao benzeno associada a doenças do sistema hematopoiético e a diversos tipos de câncer, especialmente às leucemias e linfomas (IARC, 2017). Consequentemente foram estabelecidas recomendações e regulamentações para o seu monitoramento, registro, controle e eliminação. Entretanto, mais de três décadas depois, ainda são escassas as informações sobre alterações nos níveis de exposição e os fatores associados ao controle e prevenção da exposição nos ambientes de trabalho (WIJNGAARDEN et al, 2010; CORRÊA E SANTANA, 2016).

Existem evidências de tendência ao declínio nas concentrações de benzeno no ar e nos níveis de exposição de trabalhadores a partir da segunda metade da década de 1980, especialmente em países da União Europeia (CREELY et al, 2007) como a Finlândia (KAUPPINEN et al, 2013), França (HAVET, 2017) e outros países de alta renda (LIßNER et al, 2014). Essa queda vem sendo atribuída à redução dos Limites de Tolerância para a exposição e do teor de benzeno em produtos acabados (solventes e gasolina) e às imposições legais de restrição de substâncias cancerígenas nos processos produtivos que se refletem nas novas tecnologias introduzidas pelas empresas (CAPLETON e LEVY, 2005; WEISEL, 2010; HAVET et al, 2017).

No Brasil, no final dos anos 1980 e início dos anos 1990, com a divulgação dos efeitos do benzeno sobre a saúde, se intensificaram as denúncias sobre condições de exposição ocupacional e o aparecimento de casos de

trabalhadores com alterações hematológicas. Este cenário impulsionou o início de ações de órgãos fiscalizadores nas empresas e mudanças nas normatizações vigentes (COSTA, 2009). Em 1995, a partir de uma negociação tripartite, envolvendo sindicatos laborais e patronais e representantes do governo nos Ministérios do Trabalho, Saúde e Previdência, foi estabelecido o Acordo Nacional do Benzeno e novas normas para o controle da exposição ocupacional ao benzeno, especificamente o Anexo n.º 13-A da Norma Regulamentadora 15 (Portaria nº 14/95) e as Instruções Normativas (IN001 e IN002), de 1995, que passaram a constituir o marco regulatório no Brasil. Com estes dispositivos, passou a ser compulsória, de parte das empresas, a elaboração e implementação de um Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno (PPEOB), a adoção do Valor de Referência Tecnológico (VRT) em substituição ao limite de tolerância, o monitoramento da exposição ocupacional, empregando-se a medida da concentração de benzeno no ar, a vigilância da saúde dos trabalhadores, a constituição de representação específica de trabalhadores (Grupo de Trabalhadores do Benzeno – GTB) e, a partir de 2001, o monitoramento biológico por meio do Indicador Biológico de Exposição, o ácido trans-trans, mucônico na urina (AttM-U), dentre outras medidas (BRASIL, 1995). Além disso, foi constituída uma instância tripartite, a Comissão Nacional Permanente do Benzeno (CNPBz), com o objetivo de acompanhar a implantação do Acordo e regulamentação e implementar novas regulamentações. Acredita-se que, com a implementação dessas regulamentações, esteja ocorrendo um declínio da exposição ao benzeno no Brasil, o que requer sua averiguação científica.

São poucos os países que contam com sistemas de informação que incluem dados de monitoramento de exposições ocupacionais a agentes químicos, em geral, concentrados em países de alta renda (IARC, 2012). Como referido anteriormente, estudos realizados em alguns países da Europa e nos EUA têm constatado um declínio nas concentrações de benzeno nos ambientes laborais, particularmente após o reconhecimento de sua ação cancerígena em 1982 e, conseqüentes, mudanças nos padrões regulatórios, a exemplo da redução dos limites de exposição ocupacional. No entanto, dada a diversidade de ramos de atividade, metodologias empregadas, períodos estudados, dentre outros fatores, se faz necessário um aprofundamento da análise do conjunto da produção científica, por meio de uma revisão sistemática, para afirmar se realmente essa tendência ao declínio pode ser

confirmada.

No Brasil, de acordo com o marco regulatório vigente, as empresas que processam benzeno puro ou em misturas passaram a ser obrigadas a realizar o monitoramento periódico da exposição e da saúde dos trabalhadores, a partir de 1995. Esses dados ficam arquivados na própria empresa, não havendo previsão normativa ou legal de alimentação de sistemas de informação de dados coletivos públicos, dificultando a análise e a produção de conhecimento sobre as concentrações de benzeno e a ocorrência da exposição dos trabalhadores. Devido à falta de mensurações locais disponíveis, Corrêa e Santana (2016) empregaram dados de uma matriz de exposição ocupacional da Finlândia para estimar o número de trabalhadores expostos e a prevalência da exposição ocupacional ao benzeno no Brasil. Estimou-se que 8,5 % dos trabalhadores ativos e ocupados pertenciam a grupos ocupacionais potencialmente expostos, com uma prevalência ponderada por grupo ocupacional de 0,9%, com maior número de expostos no grupo de Operadores e Mecânicos de Máquinas e Motores (62%). As autoras concluíram que “o número de expostos e a prevalência da exposição ocupacional ao benzeno são elevados, apesar de empregarem parâmetros da Finlândia, sugerindo a necessidade de monitoramento e controle desse cancerígeno no Brasil.”

Em que pese a inexistência de sistemas de informação, as mudanças normativas e legais, a partir de 1995, possibilitaram um maior acesso a informações sobre a exposição e o controle do benzeno nas empresas. Tornaram-se obrigatórios o cadastramento da empresa no Ministério do Trabalho e a apresentação do Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno pelas empresas cadastradas ao Departamento de Segurança e Saúde da Secretaria de Inspeção do Trabalho desse Ministério (BRASIL, 1995). Por outro lado, as novas regulamentações impulsionaram o crescimento do número de ações fiscais e de vigilância à saúde dos trabalhadores nas empresas que produzem ou processam este agente químico. Um outro ponto importante consistiu nas ações promovidas pela Comissão Nacional Permanente do Benzeno (CNPBz) e Comissões Estaduais, que incluíram visitas às empresas para acompanhar o processo de implantação das regulamentações. Essas informações subsidiaram o aperfeiçoamento da normatização proposta pela CNPBz. Além disso, foram elaborados instrumentos padronizados para verificação do cumprimento das exigências legais pelas

empresas, permitindo a análise sistematizada de documentos e a avaliação do ambiente de trabalho, por meio de listas de verificação.

Este estudo partiu de uma análise global das tendências de exposição ao benzeno, por meio de uma revisão de literatura, para uma análise local, utilizando dados sobre a implantação do Acordo e normatização do benzeno, em empresas de uma unidade da federação, com objetivo de avaliar os efeitos da política de prevenção sobre a exposição ocupacional ao benzeno, no mundo e no Brasil. Os resultados foram sistematizados em três estudos: Estudo 1 - Tendência temporal da exposição ocupacional ao benzeno: revisão de literatura; Estudo 2 - Avanços na implementação do Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno (PPEOB) - Brasil, 2000 -2017; Estudo 3 - Programas de Prevenção da Exposição ao Benzeno (PPEOB) e níveis de ácido trans, trans-mucônico em trabalhadores, 2012-2017.

ARTIGO 1

**TENDÊNCIA TEMPORAL DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO:
REVISÃO DE LITERATURA**

ARTIGO 1

TENDÊNCIA TEMPORAL DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO: REVISÃO DE LITERATURA

Cavalcanti VL

Programa de Saúde Ambiental e do Trabalhador, PISAT, Instituto de Saúde Coletiva
da Universidade Federal da Bahia

Autor para correspondência:

Valquíria Lima Cavalcanti

Endereço: Alameda Praia de Figueirinhas, 79 – Quadra E2, Lote 06
Vilas do Atlântico, Lauro de Freitas - BA.

E-mail: valquirialiamcavalcanti@yahoo.com.br

Palavras-chave: Benzeno; exposição ocupacional; medidas de proteção; revisão sistemática, distribuição temporal.

TENDÊNCIA TEMPORAL DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO:

REVISÃO DE LITERATURA

Valquíria Lima Cavalcanti

RESUMO

Histórico: o benzeno foi reconhecido internacionalmente como cancerígeno para humanos em 1982, impulsionando a redução dos limites de exposição ocupacional e a regulamentação de medidas de prevenção e controle, porém, ainda são pouco conhecidos os efeitos dessas mudanças. **Objetivo:** sumarizar achados de estudos sobre tendências temporais da exposição ocupacional ao benzeno. **Método:** esta é uma revisão sistemática de estudos observacionais ou revisões de literatura em inglês, português ou espanhol, publicados entre 2000 e 2020. A busca de publicações foi realizada nas bases de dados Web of Science, PUBMED, BVS, SCIELO, LILACS, EMBASE. **Resultados:** Selecionados 25 artigos, incluindo estudos transversais seriados e revisões de literatura. Nos estudos em países europeus e da América do Norte (n=18; 72%) a tendência foi de declínio nas concentrações médias de benzeno no ar, a partir da metade da década de 1980 até o período final da análise. Os estudos da China e Coréia (n=7; 28%), mostraram um padrão de declínio com flutuações nas concentrações de benzeno ao longo dos anos. Diferenças nas tendências temporais de níveis de exposição entre trabalhadores em um mesmo ambiente de trabalho e entre empresas do mesmo ramo de atividade foram verificadas em onze estudos, 7 na indústria de petróleo. Os principais fatores associados ao declínio foram redução nos limites de exposição ocupacional, mudanças regulatórias e medidas de engenharia. **Conclusão:** Evidências científicas sugerem tendência de declínio nos níveis de concentrações de benzeno nos ambientes laborais, porém este comportamento não foi uniforme entre países, empresas e categorias de trabalhadores.

Descritores: Benzeno; exposição ocupacional; medidas de proteção; revisão sistemática, tendência temporal, políticas de prevenção e controle.

Número de registro do protocolo de revisão no Prospero: CRD42020198470

TIME TREND OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO BENZENE: LITERATURE

REVIEW

ABSTRACT

Background: Benzene was globally recognized as a human carcinogenic in 1982. Following, WHO issued recommendations to reduce occupational exposure limits, the adoption of workplace control programs. Nevertheless, evidence from these changes is not fully known.

Objective: to summarize time trends of benzene occupational exposure findings.

Method: This is a systematic review of observational studies and literature reviews in English, Portuguese, or Spanish, published from 2000 to 2020. The articles were searched from the Web of Science, PubMed, VHL, SciElo, Lilacs, Embase.

Results: Twenty-five articles were found, 13 serial cross-sectional studies, nine literature reviews, among others. Studies from European Union and North America countries (n=18; 72%) showed a declining trend of average levels of benzene in the air from the mid-1980s to this study final calendar year. From China and Korea (n=7; 28%) an oscillating trend but decreasing benzene concentration overtime was observed. In contrast, data from similar workplaces of seven oil companies, revealed distinct benzene exposure time trends. In general, factors associated with benzene occupational exposure diminishing were lower delimited legal levels and/or technological engineer-related changes.

Conclusion: A downward trend in occupational benzene exposure concentration in work environments was observed in most studies. Distinctively, Asian countries still have a not well-defined trend across calendar-years.

Keywords: Benzene; occupational exposure; protection measures; systematic review, time trend, control polices.

Prospero Protocol Review Registration Number: CRD42020198470

TENDÊNCIA TEMPORAL DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO: REVISÃO DE LITERATURA

1 Introdução

O benzeno é um cancerígeno químico presente em várias atividades humanas e, em especial, em ambientes de trabalho. Os Limites de Exposição Ocupacional (LEO) para o benzeno vêm sendo reduzidos ao longo dos anos em diversos países, em função das constatações dos danos à saúde causados por esta substância. Nos Estados Unidos, por exemplo, o limite de exposição permissível (PEL) para o benzeno foi reduzido de 10 ppm para 1 ppm, pela OSHA – Occupational Safety and Health Administration, a partir de 1987. A ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists, que em 1946 admitia um limite de exposição de 100 ppm, atualmente recomenda um limite de 0,5ppm TLV-TWA. Muitos outros países usam ou seguem os limites de exposição (TLV-TWA) definidos pela ACGIH. Para a maioria dos países da Europa, a Comissão Europeia (EU Commission) recomenda 1ppm para a média ponderada em uma jornada de 08 horas. O NIOHSC - Austrália define o limite de 5 ppm para média ponderada para 08 horas, o KOSHA - Korea, 1ppm e o NTCHHS – China, 2 ppm para média ponderada para 08 horas (CAPLETON; LEVY, 2005). No Brasil, até 1994, o limite de tolerância para o benzeno era de 8 ppm, porém, mudanças na regulamentação, a partir de 1995, determinaram a adoção de um Valor de Referência Tecnológico (VRT) como parâmetro para avaliação dos ambientes de trabalho com a presença de benzeno, sendo este de 1ppm para indústrias químicas e petroquímicas e 2,5 ppm para siderúrgicas (ARCURI et al., 2005).

Além da redução gradual dos limites de tolerância, a implementação pelas empresas de medidas de monitoramento, prevenção e controle da exposição ocupacional ao benzeno, ou a sua substituição, têm sido objeto de regulamentações em diversos países, incluindo o Brasil. Por outro lado, são poucos os países que contam com sistemas de informação que incluem dados de monitoramento de exposições ocupacionais a agentes químicos, em geral, concentrados em países de alta renda (IARC, 2012). Dentre estes, destacam-se o Registro Finlandês de

Trabalhadores Expostos a Cancerígenos (Registro ASA), o Sistema de Informações Italiano para Registro de Exposições Ocupacionais a Cancerígenos (SIREP) e o Registro Alemão de ODIN. Países, como Polônia, Eslováquia e República Tcheca, possuem sistema de registro, porém são de difícil acesso para profissionais de outros países por questões linguísticas (LIßNER; HAMBURG, 2014). No Brasil, informações geradas pelo monitoramento compulsório ficam arquivadas nas próprias indústrias e não há um fluxo institucional dos dados ou compartilhamento, limitando o seu uso na vigilância e pesquisa e sua utilidade na gestão dos riscos. Desta forma, há uma dificuldade de acesso ao conhecimento sobre os níveis e tendência temporal da exposição, bem como do impacto das medidas de controle na redução das concentrações de benzeno nos ambientes de trabalho. É fato que as análises de tendências temporais de exposição a um determinado agente de risco podem servir a diversos propósitos, como vigilância, avaliação de exposição em epidemiologia ocupacional, revisão de limites de exposição e regulamentações, definição de prioridades de prevenção e controle e prevenção efetiva de futuras doenças relacionadas ao trabalho (LIßNER; HAMBURG, 2014). Neste sentido, esse estudo teve o objetivo de identificar as tendências temporais da exposição ocupacional ao benzeno, em diversos países e ambientes laborais, em artigos publicados no período de 2000 a 2020.

2 Material e métodos

Foi estabelecido um protocolo, registrado no banco de dados “Prospero” (registro nº CRD42020198470, <https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>), para realização da revisão de literatura. Os Critérios de elegibilidade foram: artigos publicados em inglês, português ou espanhol, a partir de 2000 até 2020, disponíveis em bases de dados on-line, na íntegra, contendo informações sobre tendências temporais da exposição ocupacional ao benzeno, prevalência da exposição e/ou sobre fatores de influência para o declínio, estabilização ou aumento da exposição a este agente, podendo ser estudos primários ou revisões de literatura. As fontes de dados foram bases de dados on-line da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), Scientific Electronic Library Online (Scielo), Literatura Latino-Americana e do Caribe em

Ciências da Saúde (Lilacs), PUBMED, EMBASE, Web of Science. Os descritores controlados, selecionados no DECS – Descritores em Ciências da Saúde (<http://decs.bvs.br>) foram “benzeno; exposição ocupacional; medidas de proteção; revisão sistemática, tendência temporal, políticas de controle”. A seleção e análise dos artigos foi realizada pelo autor do estudo, em três etapas. Na primeira etapa procedeu-se uma leitura dos títulos para a primeira pré-seleção. A segunda etapa consistiu na leitura dos resumos dos artigos selecionados e uma pré-avaliação, já baseada nos critérios de inclusão e exclusão, com o objetivo de selecionar os textos para leitura integral. Na última etapa realizou-se a leitura na íntegra dos artigos selecionados após a leitura dos resumos, sendo excluídos os que não atendiam aos critérios de inclusão e não respondiam à questão norteadora desta revisão. Para a análise dos estudos selecionados foi utilizado um instrumento de coleta e síntese dos dados, com o propósito de organizar e sumarizar as informações. Foram incluídos nesse instrumento o sobrenome do primeiro autor, data de publicação, tipo de estudo, período do estudo, país do estudo, indústrias ou ramos de atividade, número de participantes e/ou número de amostras, método e métrica aplicados, tendências da exposição e fatores associados à tendência, inseridos em uma planilha em Excel para fins de análise. Os resultados foram sintetizados considerando a direção da tendência e os fatores associados às mudanças de padrão. Não foi realizada uma avaliação nem julgamento da qualidade dos dados de exposição coletados, analisados e relatados em cada um dos artigos selecionados para esta revisão.

3 Resultados

Foram encontradas 1.105 publicações, das quais 202, por serem duplicadas, foram excluídas, restando 903 artigos para a primeira pré-seleção. Desses, 47 foram selecionados para a pré-avaliação, resultando em 33 artigos para análise do texto completo, desses, foram excluídos oito artigos por não atenderem aos critérios de inclusão, especialmente quanto ao desenho do estudo, obtendo-se ao final um total de 25 artigos para a revisão (Figura 1).

4 Características das publicações

As publicações ocorreram entre os anos 2000 e 2018, média de 1,3 artigo por ano, mais frequentes em 2011 e 2017, com seis e quatro, respectivamente. Não houve artigos entre 2002 e 2004, 2008, 2012, 2014, 2019 e em 2020. O maior número de artigos se originou dos Estados Unidos (7), países da Europa (7) e China (6), com dados da América do Norte e Europa (3), outros foram da Coreia (1), e um tratava de metanálise de dados de três estudos realizados no Canadá, Austrália e Reino Unido (Tabela 1). Todas as publicações se originaram de periódicos internacionais, de idioma inglês.

5 Características metodológicas

Os delineamentos mais comuns dos estudos foram o transversal seriado (n=13; 52,0%) e revisão de literatura (n=9; 36,0%). Dentre os transversais, doze foram realizados com dados da indústria petrolífera dos EUA (n=6) e de países da Europa (n=6) e um foi realizado em indústria química. O maior número de revisões de literatura teve origem na Ásia, na China (n=5) e Coreia (n=1), seguida da Europa (n=2) e EUA (n=1). O período de tempo analisado foi de 1910 a 2014, com a maioria nas décadas de 1970 e 2000. Mais da metade (n=13; 52%) dos estudos teve como objeto trabalhadores da cadeia de produção petrolífera, incluindo refinarias, transporte terrestre e marítimo de gasolina e outros derivados do petróleo, distribuição e abastecimento de combustíveis; em segundo lugar apareceram atividades produtivas diversas (n= 9, 36%); outros três focalizavam a indústria química, fabricação de calçados e fabricação de tintas e revestimentos, respectivamente. Notar que quatro estudos analisaram dados de uma mesma empresa, embora de plantas diferentes. A métrica mais utilizada para mensuração da exposição foi a concentração média anual de benzeno em ppm ou mg/m³ para amostras individuais de jornada.

6 Tendências do nível de exposição ocupacional ao benzeno

Os estudos realizados em países da Europa e América do Norte (n=18; 72%) observaram tendência temporal de declínio linear do nível de exposição ocupacional ao benzeno. Especificamente, na Itália, a análise de dados nacionais mostrou queda das concentrações de benzeno em ambientes industriais, no período entre 1996 e 2007 (SCARSELLI; BINAZZI; MARZIO, 2011). Uma outra pesquisa, utilizando a FinJEM, encontrou tendência semelhante na Finlândia, para o período de 1950 a 2008 (KAUPPINEN et al., 2013). Na França, em período mais recente, um outro estudo constatou declínio de 33% no número de trabalhadores expostos ao benzeno entre 2003 e 2010 (HAVET et al., 2017). Nos EUA, estudo conduzido em uma planta de fabricação química (ácido acético) com 3.700 amostras de benzeno, pessoais e de área, coletadas de 1976 a 1987, para diferentes categorias de trabalho e localizações da planta, demonstrou que os operadores tiveram exposições diárias de jornada ao benzeno de cerca de 2,0 ppm de 1976 a 1981 e cerca de 1,0 ppm de 1982 a 1987 (WILLIAMS; PAUSTENBACH, 2007). Dos 13 estudos na indústria petrolífera, 11 (85%) apresentaram tendência de declínio. Em um deles, de revisão de literatura com 81 estudos, contemplando o período de 1970 a 2000, observou-se uma tendência de declínio na exposição entre 1985 e 2000 (VERMA et al., 2010). Em uma análise de 4.588 mensurações de benzeno provenientes de refinarias na Finlândia, entre 1977 e 2014, foi encontrado declínio de 46%, em média, na concentração de benzeno no ar em todas as unidades de produção, queda de 1,7% por ano (TUOMI; VEIJALAINEN; SANTONEN, 2018). Situação de declínio semelhante foi verificada nos EUA, em diferentes estudos de quatro refinarias, no período de 1975 a 2007, com concentrações abaixo do limite de tolerância ocupacional vigente, a partir dos anos 1990 (GAFFNEY et al., 2010; KREIDER et al., 2010; WIDNER et al., 2011; GAFFNEY et al., 2011; BURNS et al., 2016). Williams, Robinson e Paustenbach (2007), estudando trabalhadores do transporte marítimo de petróleo e outros produtos contendo benzeno, de 1975 a 2000, nos EUA e em outros países, constataram tendência de queda no período de 1986 a 1990, durante as operações de carregamento e descarregamento de navios. Em um outro estudo que congregou dados de três pesquisas epidemiológicas, realizadas no Canadá, Reino

Unido e Austrália, no período entre 1910 e 2000, foi demonstrada a elevação nos níveis de exposição ao benzeno, a partir do final da década de 1930, com pico na década de 1950, e declínio nas últimas décadas (GLASS et al., 2017).

Estudos em países asiáticos (n=7; 28%) também mostraram tendência de declínio ao longo dos anos, embora com algumas oscilações. Por exemplo, na China uma revisão sistemática, incluindo 384 artigos, para o período entre 1960 e 2003, constatou que, especialmente em indústrias tradicionalmente com altas exposições, os níveis de benzeno eram elevados no período entre 1981 e 1985, caindo a partir de 1985, embora com flutuações ao longo dos anos (LIANG et al., 2005). Outra revisão identificou 182 artigos relatando dados de exposição ao benzeno em indústrias de sapatos, entre 1978 e 2004, constatando queda nas concentrações, particularmente após a redução do limite de exposição ocupacional (LEO) em 2002, porém, as médias de concentração ainda se mantiveram elevadas no período entre 2002 e 2004 (WANG et al., 2006). De acordo com Gross e Paustenbach (2017), o benzeno foi um dos produtos industriais mais utilizados na China na última metade do século XX, estando presente em solventes e adesivos utilizados em grandes quantidades em uma grande variedade de indústrias. No período entre 1956 e 2005, as indústrias de tinta e revestimentos na China apresentaram tendência de declínio nos níveis de exposição, embora com concentrações de benzeno acima do LEO para todo o período avaliado (LIU et al., 2009). Esta tendência também foi constatada em estudos com dados de avaliação de exposição em indústrias de Xangai, em dois períodos, 1963 a 1993 e 1954 a 2000, os quais observaram declínio não linear nas concentrações de exposição ao longo do tempo, com diferenças entre grupos de trabalho e/ou indústrias (ARMSTRONG et al., 2011; FRIESEN et al., 2012). Na Coreia, uma análise das concentrações médias de benzeno ao longo do tempo, em uma revisão sistemática entre 1977 e 2013, indicou reduções nos níveis de exposição, independentemente do ramo industrial, cujos níveis médios anteriores ao período de 1980 e 1984 eram de 50,4 ppm, caíram para 2,8 ppm de 1990 e 1994 e, para 0,1 ppm entre 1995 e 1999. Não houve queda desde a década de 2000, quando foram estimadas médias de 4,3 ppm de 2005 e 2009 e 4,5 ppm entre 2010 e 2013 (PARK et al., 2015).

Em revisão de literatura da Coreia, as medições de benzeno relatadas desde 2005 foram maiores do que as de 2000 a 2004 e da década de 1990, sendo os

dados, a partir de 2005, predominantemente de indústrias petroquímicas entre os trabalhadores que realizavam tarefas de manutenção (PARK et al., 2015). Em um estudo realizado na França com dados de 2003 a 2010, constatou-se redução da exposição ao benzeno para empregados com contratos por tempo indeterminado, gerentes e empregados de empresas com mais de 500 empregados, enquanto trabalhadores temporários e de empresas de médio porte apresentaram um aumento nessa exposição (HAVET et al., 2017). Para as indústrias de calçados na China, apesar de tendência ao declínio, a média dos níveis de benzeno relatados foi muito menor em instalações de propriedade estrangeira quando comparada com as médias em empresas estatais ou de propriedade do município (WANG et al., 2006). Também na China, uma revisão de literatura sobre exposição ao benzeno, entre 1960 e 2003, revelou que as cinco indústrias com maiores exposições foram produtos de couro, dispositivos eletrônicos, máquinas, calçados e fornecedores de escritórios e fabricação de equipamentos esportivos e que apesar de apresentarem uma tendência global ao declínio, os níveis de exposição e as curvas das tendências variaram entre esses ramos industriais. A indústria de manufatura de couro, por exemplo, teve queda substancial a partir de 1985, voltando a subir em 2000 e caindo após este ano. As indústrias de confecção de sapatos e fabricação de móveis mostraram queda até o ano 2000 e tendência a elevação a partir deste ano (LIANG et al., 2005).

7 Discussão

A maior parte das publicações reconheceu a existência de declínio nas medidas de concentração de benzeno no ar em ambientes de trabalho, ao longo do tempo, na Europa, América do Norte e países asiáticos. Essa tendência ficou clara a partir da segunda metade da década de 1980 até próximo a 2020, muito embora nos 20 anos desta revisão, foram poucos os estudos realizados, uma contradição frente à importância da exposição ocupacional ao benzeno, cancerígeno presente em todo o planeta.

Essa queda do nível de exposição ocupacional ao benzeno parece ter sido iniciada à época da sua classificação como cancerígeno, da sua relação com a

leucemia. Vários estudos (GROSS; PAUSTENBACH, 2017) epidemiológicos publicados durante os anos 1970, nos EUA e países da Europa, demonstraram excesso de leucemia em trabalhadores expostos ao benzeno, especialmente o de corte de trabalhadores da Pliofilm, contribuindo para que o IARC, em 1982, definisse o benzeno como reconhecidamente cancerígeno para seres humanos. Somou-se a isso, a divulgação internacional de estudos da Academia Nacional de Medicina Preventiva Chinesa, que revelou a extensão do adoecimento de trabalhadores expostos. Desde então, vários países modificaram ou criaram regulamentações, tais como a redução nos Limites de Exposição Ocupacional, imposições de restrição ao uso do benzeno na produção, que resultaram em novas tecnologias implementadas sob uma preocupação social com a melhoria dos padrões de saúde dos trabalhadores (CAPLETON; LEVY, 2005; HAVET et al., 2017; WEISEL, 2010). Nos EUA, por exemplo, a OSHA reduziu o limite de tolerância ocupacional (LEO) de 10 para 1 ppm, em 1977, mas adotada 10 anos mais tarde em 1987 pela Suprema Corte norte-americana. Seguindo esse novo padrão de concentração de benzeno da OSHA, a maioria dos países europeus e norte-americanos definiu seus LEO em 0,5 a 1 ppm., este último adotado na União Europeia em 1997, no âmbito da legislação nacional de todos os Estados-Membros (CAPLETON; LEVY, 2005). Nos países asiáticos também houve redução dos limites de exposição ao benzeno, embora um pouco mais tarde. Por exemplo, na China, o limite de 12,5ppm, em vigor até 2001, foi reduzido para 2,0ppm em 2002, com a implementação da nova Lei de Prevenção e Controle de Doenças Ocupacionais (LIANG et al., 2005); mas na Coreia, distintamente, caiu de 10ppm em 1986 para 1ppm em 2003 (PARK et al., 2015).

Ora, a efetivação de normas relativas a níveis mais baixos requer a implantação de medidas de prevenção e controle, a proibição do uso de benzeno em produtos acabados e a redução do teor de benzeno nos combustíveis. Algumas das recomendações da Organização Internacional do Trabalho (OIT), Convenção 136: substituição do benzeno por produtos menos nocivos, sempre que possível; proibição do uso como solvente; adoção de medidas de higiene do trabalho e de novas tecnologias para a prevenção, como por exemplo, o uso de sistemas fechados de amostragem; medidas para reduzir o escapamento de vapores de benzeno na atmosfera dos locais de trabalho; equipamentos de proteção individual e

monitoramento do ambiente e dos trabalhadores (OIT, 1998). Nesta revisão, as medidas implementadas pelas empresas, com potencial atuação na redução do nível da exposição ao benzeno, citadas com maior frequência foram: 1) sistemas de monitoramento contínuo de vazamentos de produtos químicos; 2) sistemas de recuperação de vapores de benzeno; 3) tanques com tetos flutuantes; 4) melhorias em válvulas e selos de equipamentos; 5) bombas herméticas e sistema de recuperação de gases de carga; 7) sistema de exaustão e ventilação do ambiente; 8) coleta de amostras em sistemas fechados e redução do número de amostras coletadas; 9) eliminação da drenagem manual; e 10) eliminação de medição de tanques com trenas (TUOMI; VEIJALAINEN; SANTONEN, 2018; GAFFNEY et al., 2010; KREIDER et al., 2010; WIDNER et al., 2011; GAFFNEY et al., 2011; LIANG et al., 2005; LIU et al., 2009; PARK et al., 2015; AKERSTROM et al., 2016). Várias dessas medidas se superpõem às recomendações do Equipment, Exposure, Emission Review (EEER), uma matriz de especificação de equipamentos de processo, visando o controle da exposição (BOWES III, 2008). Medidas administrativas e de proteção individual também foram elencadas, como por exemplo as campanhas de monitoramento, a avaliação de risco, o acesso a treinamentos de segurança e treinamentos para o uso de equipamentos de proteção individual pelos trabalhadores, dentre outras (TUOMI; VEIJALAINEN; SANTONEN, 2018; GAFFNEY et al., 2010; KREIDER et al., 2010; WIDNER et al., 2011; GAFFNEY et al., 2011; BURNS et al., 2016).

A proibição do uso de benzeno como solvente e de sua presença na composição de produtos acabados ocorreu em diversos países, em períodos distintos de restrições legais. Nos Estados Unidos e em países da Europa, a partir de meados da década de 1970; na Coreia, desde 1990, quando a Lei de Segurança Industrial e Saúde (ISHA) foi revisada (PARK et al., 2015); e na China, somente a partir de 2002, com a promulgação da primeira lei nacional que trata da saúde e segurança no local de trabalho, a Lei de Prevenção e Controle de Doenças Ocupacionais (LIANG et al., 2005; WONG, 2003; YOUNGMING et al., 2011). Publicações de 2002 e 2003, em revistas médicas chinesas, apresentaram diversos relatos de intoxicação por altas concentrações de benzeno em ambientes de trabalho onde eram usados adesivos ou tintas contendo benzeno (WONG, 2003), confirmando a adoção mais tardia de medidas de proteção.

Um outro ponto importante foi a redução do teor de benzeno na gasolina, relatada nos estudos na indústria petrolífera e em outros setores que utilizam gasolina, com impacto na diminuição da exposição ao benzeno ambiental para o público em geral e na exposição ocupacional dos trabalhadores. O benzeno foi listado como um poluente atmosférico perigoso pela EPA em 1977, e muitas emissões foram inventariadas e regulamentadas, particularmente as de veículos rodoviários, o que determinou restrições ao teor de benzeno na gasolina nesse ano e, novamente em 2007, nos EUA. Atualmente, a regulamentação ambiental nesse país define um teor máximo de 1% de benzeno na gasolina. Na Europa, a especificação legal para benzeno na gasolina era de até 5%, mas, a partir de 1º de janeiro de 2000, também passou para no máximo de 1% em volume. No Canadá, regulamento publicado em 26 de novembro de 1997 proibiu o fornecimento, após 1 de julho de 1999, de gasolina que contenha benzeno em uma concentração superior a 1% em volume (SU; MUKHERJEEB; BATTERMANA, 2011). Na Coreia, a Lei de Conservação do Ar Limpo, aplicada pelo Ministério do Meio Ambiente, reduziu o limite máximo de teor de benzeno na gasolina de 6% em 1992 para 0,7% em 2009 (PARK et al., 2015).

Pesquisas vêm mostrando evidências de que o declínio dos níveis de exposição ocupacional ao benzeno, a partir de segunda metade da década de 1980, não ocorreu uniformemente entre grupos ocupacionais ou postos de trabalho, afetando diferencialmente os trabalhadores. Por exemplo, em vários países da Europa, entre 1984 e 1998, trabalhadores de refinarias em funções de manutenção, limpeza de tanques e laboratório tinham maiores níveis de exposição ao benzeno do que operadores de processo (CLAYDON, et al., 2000). Em refinarias dos EUA, entre 1975 e 2007, a diminuição das concentrações de benzeno foi maior para os operadores que permaneciam nas salas de controle do que para aqueles de áreas de transferência e tancagem. Os trabalhadores que exerciam atividades de manutenção, drenagem e limpeza de equipamentos em áreas com alta concentração de benzeno, independente da ocupação do trabalhador, também apresentaram maiores níveis de exposição (GAFFNEY et al., 2010; WIDNER et al., 2011; BURNS et al., 2016). Em uma dessas refinarias, o declínio nas concentrações, ao longo dos anos, foi estatisticamente significativo para as tarefas de coleta e análise de amostras e manutenção de vazamentos (GAFFNEY et al., 2011); em

outra, houve declínio para quase todas as categorias de trabalho e tarefas de rotina, e de parada de manutenção (KREIDER et al., 2010); e, finalmente, em uma refinaria da Louisiana a tendência temporal decrescente nas concentrações ocorreu especialmente para técnicos de processo e de laboratório (PANKO, 2009). Na Suécia, a avaliação da exposição de trabalhadores de refinarias, realizada em situações de parada de manutenção, concluiu que os trabalhadores terceirizados apresentaram exposição ao benzeno até doze vezes maior que os empregados próprios, especialmente durante a realização de tarefas na fase de desligamento de equipamentos para manutenção, em unidades com maior teor de benzeno (AKERSTROM et al., 2016). Notar que, Almerud et al. (2017), também com dados de refinarias na Suécia, constataram que em situações de operação normal, o grupo composto por técnicos de processo experimentou a maior exposição média de benzeno, enquanto os outros grupos de trabalhadores, incluindo os da manutenção, apresentaram cerca de 50% ou menos da exposição dos técnicos do processo, ao longo do tempo. Em alguns estudos, as diferenças de exposição entre atividades e ou funções foram explicadas pela maior concentração de benzeno nos produtos processados ou pelo tipo de atividade, envolvendo a abertura de equipamentos contendo benzeno, utilização de vapor no processo de limpeza de equipamentos, coleta de amostras em sistemas abertos, drenagem manual de tanques, dentre outras que envolvem maior risco de exposição.

Um outro fator importante são os achados de dois estudos em relação ao tipo de vínculo empregatício. Ao longo do tempo, houve redução da exposição ao benzeno para empregados com contratos por tempo indeterminado, gerentes e empregados de empresas com mais de 500 empregados, enquanto trabalhadores terceirizados, temporários e de empresas de médio porte apresentaram um aumento nessa exposição (HAVET et al., 2017; AKERSTROM et al., 2016).

Finalmente, destaca-se que nesta revisão de literatura mais da metade dos estudos teve como objeto a indústria petrolífera de países da América do Norte e Europa, apesar do benzeno ser matéria prima ou insumo em diversas indústrias do ramo químico e petroquímico. Acredita-se que o acesso a dados sistematizados seja mais fácil para grandes companhias, tais como as empresas do ramo do petróleo. Por outro lado, os estudos em países asiáticos apresentaram uma maior diversificação de ramos de atividade, provavelmente por se tratar de dados

provenientes de órgãos do governo responsáveis pela inspeção das empresas. Um outro ponto importante é ausência de estudos de países da América do Sul, impedindo o acesso a informações sobre a extensão e evolução da exposição ao benzeno nesses países. Na ausência de informações diretas, oriundas de bancos de dados nacionais, alguns pesquisadores têm lançado mão da metodologia da matriz de exposição ocupacional. Neste sentido, destaca-se o estudo de Corrêa e Santana (2016), que avaliou a exposição ocupacional ao benzeno no Brasil por meio da matriz de exposição ocupacional da FinJEM (CORRÊA; SANTANA, 2016).

8 Vantagens e Limites

Esse estudo avança na apresentação de evidências do declínio dos níveis de benzeno em ambientes de trabalho. A maioria dos estudos mostrou a realidade de empresas localizadas em países de alta renda, em maior parte na indústria petrolífera. Um outro grupo de estudos trouxe a realidade de indústrias de médio e pequeno porte de países de média renda na Ásia. Nenhum estudo focalizou países de baixa renda no mundo, nem países localizados na América do Sul. Entretanto, revela as medidas que se mostraram mais eficientes no controle e a consequente redução dos níveis de exposição, promovendo ambientes de trabalho mais seguros. Além disso, sintetiza achados de publicações que não são de fácil acesso a pesquisadores, especialmente para técnicos e outros profissionais da higiene ocupacional e da saúde do trabalhador. O período dessa revisão, de 1910 a 2014, foi amplo; A análise se limitou a uma descrição dos estudos, das tendências e fatores associados, não sendo realizada uma análise quantitativa ou metanálise do conjunto das mensurações de benzeno do total dos estudos selecionados; futuramente, uma metanálise para verificar fatores específicos em grupos ocupacionais deve ser realizada. Essa revisão apresenta informações valiosas sobre o comportamento da exposição ao benzeno ao longo do tempo, em diversos países e ramos de atividade e sobre os fatores que influenciam este comportamento, reunindo esses dados em um único estudo na tentativa de suprir uma lacuna existente devido à escassez de sistemas de informações amplos e robustos sobre exposição ocupacional ao benzeno.

9 Conclusão

Os estudos analisados apontam para uma tendência de declínio da exposição ocupacional ao benzeno a partir de meados da década de 1980, porém este comportamento não é uniforme entre países, ambientes laborais e categorias de trabalhadores. Os fatores mais frequentemente associados à tendência de declínio foram a redução dos limites de exposição ocupacional e do teor de benzeno na gasolina, as leis e regulamentações para prevenção e controle da exposição e a implantação de medidas de engenharia e proteção coletiva. Os achados desta revisão reafirmam a necessidade de estruturação de sistemas de informação amplos que contemplem dados de monitoramento de exposições ocupacionais a agentes químicos, especialmente aos cancerígenos, possibilitando uma análise mais completa das tendências de exposição, contribuindo com as ações de vigilância da exposição, definição de prioridades para medidas de prevenção e controle, previsão de agravos futuros, revisão dos limites de exposição e aprimoramento das regulamentações.

Referências

- AKERSTROM, M.; ALMERUD, P.; ANDERSSON, E.; STRANDBERG, B.; SALLSTEN, G. *et al.* Personal exposure to benzene and 1,3-butadiene during petroleum refinery turnarounds and work in the oil harbour. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 89, n. 8, p. 1289-1297, Nov. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27568022/>. Acesso em 17 abr. 2019.
- ALMERUD, P.; AKERSTROM, M.; ANDERSSON, E. M.; STRANDBERG, B.; SALLSTEN, G. *et al.* Low personal exposure to benzene and 1,3-butadiene in the Swedish petroleum refinery industry. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 90, n. 7, p. 713-724, jun. 2017. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/28578463>. Acesso em 16 dez. 2019.
- ARCURI, ASA. (coord.) *et al.* **Acordo e legislação sobre o benzeno: 10 anos.** São Paulo: Fundacentro, 2005.
- ARMSTRONG, T. W.; LIANG, Y.; HETHERINGTON, Y.; BOWES III, S. M.; Wong, O.; Fu, H. *et al.* Retrospective occupational exposure assessment for case-control and case-series epidemiology studies based in Shanghai China. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 8, n. 9, p. 561-572, ago. 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15459624.2011.605013>. Acesso em 20 março 2020.
- BOWES III, S. M. Equipment, exposure, emission review - specification of process equipment for worker exposure control. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 5, n. 12, p. 797-806, dez. 2008. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18937122/>. Acesso em 07 nov. 2019.
- BURNS, A.; SHIN, J.; UNICE, K. M.; GAFFNEY, S. H.; KREIDER, M. L.; GELATT, R. H.; PANKO, J. M. Combined analysis of job and task benzene air exposures among workers at four US refinery operations. **Toxicology and Industrial Health**, v. 33, n. 3, p. 193-210, fev. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5477978/>. Acesso em 13 set. 2019.
- CAPLETON, A. C.; LEVY, L. S. An overview of occupational benzene exposures and occupational exposure limits in Europe and North America. **Chemico-Biological Interactions**, v. 153-154, p. 43-53, mai. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15935799/>. Acesso em 24 set. 2017.
- CLAYDON, M. F.; AHLBERG, R. W.; CARTER, M.; DMYTRASZ, B. A.; FRIES, H. H.; GENNART, J. P.; URBANUS, J. H. *et al.* A review of European gasoline exposure data for the período 1993-1998. **Concawe Reports**, dez. 2000. Disponível em: <https://osha.europa.eu/en/publications/exposure-carcinogens-and-work-related-cancer-review-assessment-methods/view>. Acesso em 09 fev. 2020.

CORRÊA, M. J. M.; SANTANA, V. S. Exposição ocupacional ao benzeno no Brasil: Estimativas baseadas em uma matriz de exposição ocupacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 32, n. 12, p. 1-11, dez. 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28001208/>. Acesso em 12 dez. 2018.

CREELY, K. S.; COWIE, H.; TONGEREN, M. Van; KROMHOUT, H.; TICKNER, J.; CHERRIE, J. W. Trends in inhalation exposure - A review of the data in the published scientific literature. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 51, n. 8, p. 665-678, nov. 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17932083/>. Acesso em 08 dez. 2018.

FRIESEN, M. C.; COBLE, J. B.; LU, W.; SHU, XIAO-OU; JI, Bu-Tian; XUE, S. et al. Combining a job-exposure matrix with exposure measurements to assess occupational exposure to benzene in a population cohort in Shanghai, China. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 56, n. 1, p. 80-91, jan. 2012. Disponível em: <https://academic.oup.com/annweh/article/56/1/80/166508>. Acesso em 20 mar. 2020.

GAFFNEY, S. H.; BURNS, A. M.; KREIDER, M. L.; UNICE, K. M.; WIDNER, T. E.; PAUSTENBACH, D. J.; PANKO, J. M. Occupational exposure to benzene at the ExxonMobil refinery in Beaumont, TX (1976-2007). **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 213, n. 4, p. 285-301, jul. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20494616/>. Acesso em 22 out. 2018.

GAFFNEY, S.; PANKO, J. M.; UNICE, K. M.; BURNS, A. M.; KREIDER, M. L.; GELATT R. H. et al. Occupational exposure to benzene at the ExxonMobil Refinery in Baytown, TX (1978-2006). **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 21, n. 2, p. 169-185, 2011. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/jes200953.pdf>. Acesso em 22 out. 2018.

GLASS, D. C.; SCHNATTER, A. R.; TANG, G.; ARMSTRONG, T. W.; RUSHTON, L. Exposure to benzene in a pooled analysis of petroleum industry case-control studies. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 14, n. 11, p. 863-872, out. 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15459624.2017.1339162>. Acesso em 13 fev. 2020.

GROSS, S. A.; PAUSTENBACH, D. J. Shanghai Health Study (2001–2009): What was learned about benzene health effects? **Critical Reviews in Toxicology**, v. 48, n. 3, p. 217-251, dez. 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408444.2017.1401581>. Acesso em 20 jul. 2020.

HAVET, N.; PENOT, A.; MORELLE, M.; PERRIER, L.; CHARBOTEL, B.; FERVERS, B. Trends in occupational disparities for exposure to carcinogenic, mutagenic and reprotoxic chemicals in France 2003-10. **European Journal of Public Health**, v. 27, n. 3, p. 425-432, jun. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28379396/>. Acesso em 07 out. 2018.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. A review of human carcinogens: chemical agents and related occupations. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**, Lyon, France, v. 100, p. 225-248, 2012. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/>. Acesso em 20 jan. 2019.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**, Lyon, France, v. 120, 2017. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/>. Acesso em 20 jan. 2019.

KAUPPINEN, T.; UUKSULAINEN, S.; SAALO, A.; MÄKINEN, I. Trends of occupational exposure to chemical agents in Finland in 1950-2020. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 57, n. 5, p. 593-609, jun. 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23230130/>. Acesso em 18 ago. 2017.

KREIDER, M. L.; UNICE, K.; PANKO, J. M.; BURNS, A. M.; PAUSTENBACH, D. J.; BOOHER, L. E. et al. Benzene exposure in refinery workers: ExxonMobil Joliet, Illinois, USA (1977-2006). **Toxicology and Industrial Health**, v. 26, n. 10, p. 671-690, jul. 2010. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0748233710378115>. Acesso em 22 out. 2018.

LIANG, YOU-XIN A.; WONG, O.; ARMSTRONG, T.; YE, X.; MIAO, L.; ZHOU, Y.; WU, Q.; QIAN, H.; FU, H. An overview of published benzene exposure data by industry in China, 1960-2003. **Chemico-Biological Interactions**, p. 55-64, mai. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15935800/>. Acesso em 08 mar. 2017.

LIßNER, L.; HAMBURG, K. Exposure to carcinogens and work-related cancer: A review of assessment methods European Risk Observatory Report European Agency for Safety and Health at Work European Agency for Safety and Health at Work Exposure to carcinogens and work-related câncer. **European Agency for Safety and Health at Work**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. Disponível em: <https://osha.europa.eu/en/publications/exposure-carcinogens-and-work-related-cancer-review-assessment-methods/view>. Acesso em 24 out. 2017.

LIU, H.; LIANG, Y.; BOWES, S.; XU, H.; ZHOU, Y.; ARMSTRONG, T. W. *et al.* Benzene exposure in industries using or manufacturing paint in china - a literature review, 1956-2005. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 6, n. 11, p. 659-670, set. 2009. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15459620903249646>. Acesso em 20 jul. 2020.

OIT – ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. Convenção 136 - Proteção Contra os Riscos da Intoxicação pelo Benzeno. **Oit – Organização Internacional do Trabalho**, 1998. Disponível em: https://www.ilo.org/brasil/convencoes/WCMS_235870/lang--pt/index.htm. Acesso em 10 nov. 2020.

PANKO, J. M.; GAFFNEY, S. H.; BURNS, A. M.; UNICE, K. M.; KREIDER, M. L.; BOOHER, L. E. et al. Occupational Exposure to Benzene at the ExxonMobil Refinery at Baton Rouge, Louisiana (1977-2005). **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 6, n. 9, p. 517-529, jun. 2009. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/15459620903044161?needAccess=true>. Acesso em 22 out. 2018.

PARK, D.; CHOI, S.; HA, K.; JUNG, H.; YOON, C.; KOH, D. H.; YOO, K. et al. Estimating benzene exposure level over time and by industry type through a review of literature on Korea. **Safety and Health at Work**, v. 6, n. 3, set. 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26929825/>. Acesso em 12 dez. 2017.

SCARSELLI, A.; BINAZZI, A.; MARZIO, D. D. I. Occupational exposure levels to benzene in Italy: findings from a national database. **International Archives Occupational Environmental and Health**, v. 84, n. 6, p. 617-25, ago. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21293875/>. Acesso em 12 dez. 2017.

SU, Feng-Chiao; MUKHERJEEB, B.; BATTERMANA, S. Trends of VOC exposures among a nationally representative sample: analysis of the NHANES 1988 through 2004 data sets. **Atmos Environ (1994)**, v. 45, n. 28, p. 4858-4867, set. 2011. Disponível em: <https://kopernio.com/viewer?doi=10.1016%2Fj.atmosenv.2011.06.016&token=WzE0NzI4MTcsljEwLjEwMTYvai5hdG1vc2Vudi4yMDExLjA2LjAxNiJd.6X8mbnev3CRsXrr3GL99JmRMHgY>. Acesso em 15 jul. 2020.

TUOMI, T.; VEIJALAINEN, H.; SANTONEN, T. Managing exposure to benzene and total petroleum hydrocarbons at two oil refineries 1977–2014. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 2, p. 1-15, jan. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29364857/>. Acesso em 12 dez. 2019.

VERMA, D. K.; JOHNSON, D. M.; SHAW, M. L.; DES TOMBE, K. Benzene and Total Hydrocarbons Exposures in the Downstream Petroleum Industries. **AIHAJ - American Industrial Hygiene Association**, v. 62, n. 2, p. 176-194, jun. 2010. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/loi/uaah20>. Acesso em 03 jul. 2020.

WANG, L.; ZHOU, Y.; LIANG, Y.; WONG, O.; ARMSTRONG, T.; SCHNATTER, A. R. et al. Benzene exposure in the shoemaking industry in China, a literature survey, 1978-2004. **Regulatory Toxicology Pharmacology**, v. 46, n. 2, p. 149-56, nov. 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16989927/>. Acesso em 26 out. 2018.

WEISEL, C. P. Benzene exposure: an overview of monitoring methods and their findings. **Chem Biol Interact**, v. 184, p. 58-66, mar. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009279709005754>. Acesso em 20 jan. 2019.

WIDNER, T. E.; PANKO, J.; GAFFNEY, S. H.; UNICE, K. M. Airborne concentrations of benzene for dock workers at the ExxonMobil refinery and chemical plant, Baton Rouge, Louisiana, USA (1977–2005). **Scandinavian Journal Work Environmental Health**, v. 37, n. 2, p. 147-158, mar. 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20941467/>. Acesso em 12 dez. 2017.

WILLIAMS, P. R. D.; PAUSTENBACH, D. J. Characterizing Historical Industrial Hygiene Data: A Case Study Involving Benzene Exposures at a Chemical Manufacturing Facility (1976–1987). **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 2, n. 7, p. 341-350, out. 2007. Disponível em: https://oeh.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15459620590965987?casa_token=4Hx6CzLm9k4AAAAA%3AdokQGGZ5t25cs8IZICBDNrnRKYZPcJk0R71-GF00SjTPJnzcYoQ9qI_e37QdXIOyYp1rokykn8O-QIVl. Acesso em 09 out. 2020.

WILLIAMS, P. R. D.; ROBINSON, K.; PAUSTENBACH, D. J. Benzene exposures associated with tasks performed on marine vessels (Circa 1975 to 2000). **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 2, n. 11, p. 586-599, out. 2007. Disponível em: https://oeh.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15459620500339147?casa_token=vsHq8Rv8FTgAAAAA%3AbjooE5735mgwudMJF2OBABluxNFhUusvXnBk5Cv6MCSy_qS1IDOELkluvYLgfaxak3QiUFIRD9AxSWzuVrA. Acesso em 12 dez. 2019.

WONG, O. Regulation of occupational exposures in China. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 38, p. 109-111, out. 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0273230003000783>. Acesso em 11 nov. 2020.

YOUNGMING, Shou; LU, Rongzhu; YAN, Xu; JIE, Lin. The Occupational Disease Prevention and Control Act of the People's Republic of China: An Awareness Assessment among Workers at Foreign-Invested Enterprises. **New solutions A Journal of Environmental and Occupational Health Policy**, v. 21, n. 1, p. 103-116, mai. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/50409014>. Acesso em 11 nov. 2020.

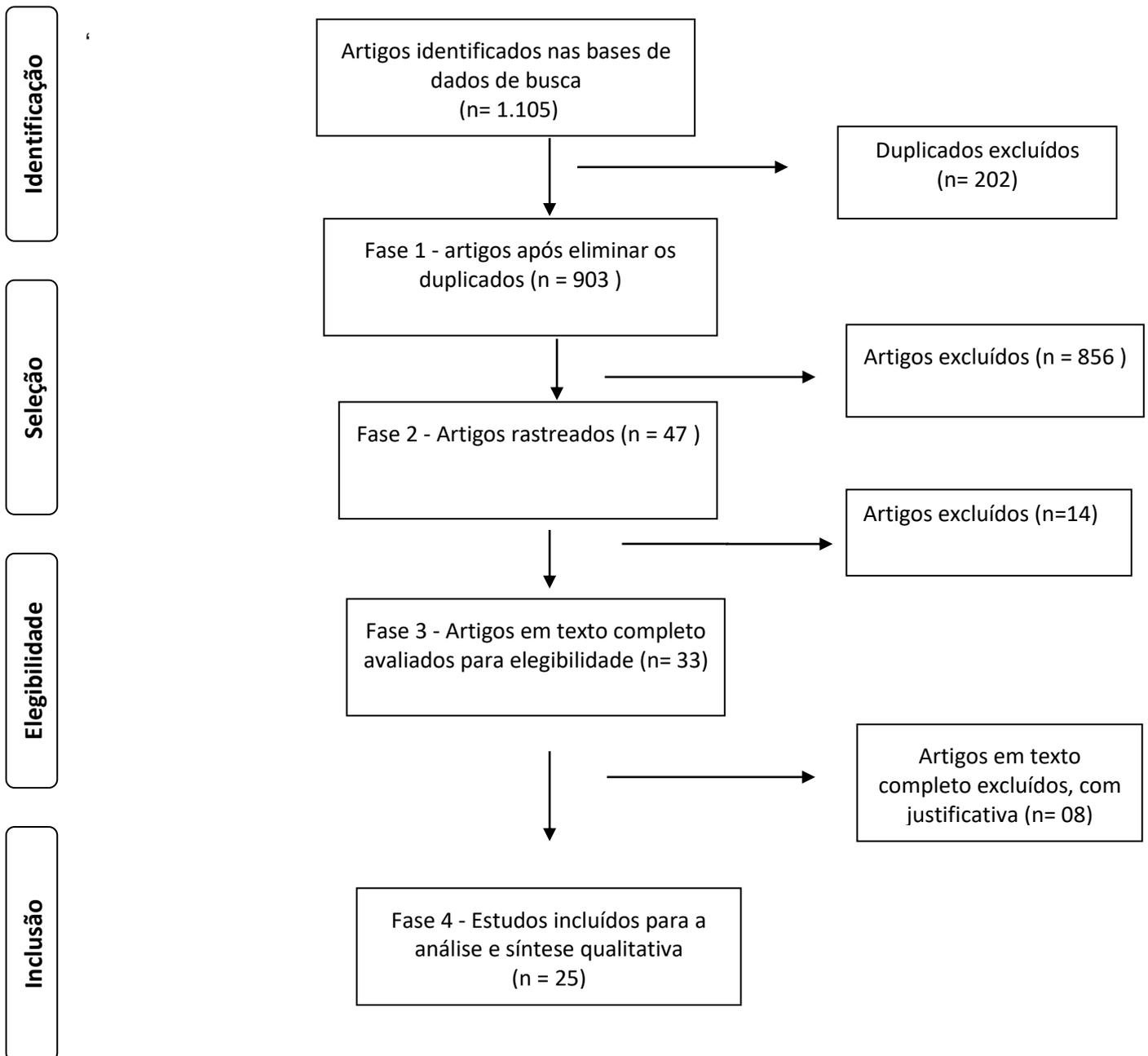
Figura 1. Fluxograma de seleção dos estudos para a revisão sistemática

Tabela 1. Artigos utilizados para a revisão

Referência	Tipo de estudo	País/ Indústria/População/número de amostras	Período	Métricas de exposição	Tendência	Fatores relacionados à tendência
WILLIAMS et al. (2000)	Revisão de literatura	EUA, países da Europa, Canadá Transporte marítimo de petróleo e outros produtos contendo benzeno Trabalhadores marítimos que manipulam ou transportam benzeno	1970-1990	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética e geométrica, mínimo e máximo)	Tendência variável entre 1970 e 1985 e declínio a partir de 1986	Natureza da tarefa Percentual de benzeno no produto Características do navio, Trabalho realizado dentro ou fora o navio
CLAYDON et al. (2000)	Revisão de literatura	Países da Comunidade Europeia Empresas associadas ao CONCAWE 4000 mensurações de benzeno no ar	1984-1998	Concentrações médias de benzeno (Média aritmética)	Tendência ao declínio para operadores de refinarias e de vagões ferroviários; sem alteração para frentistas e motoristas de caminhões de combustíveis	Melhores práticas operacionais e de engenharia Mudanças tecnológicas: sistema de recuperação de vapor, sistema fechado de coleta de amostras, sistema de carregamento Redução do teor de benzeno na gasolina
VERMA et al (2001)	Revisão de literatura	EUA, países da Europa, Canadá Indústrias petrolíferas	1970-2000	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética e geométrica)	Variável, com tendência crescente até meados de 1980 e declínio entre 1985 e 2000.	Medidas de engenharia Redução dos LEO.
CAPLETON et al. (2005)	Revisão de literatura	Europa e América do Norte Diversas categorias de trabalhadores e ramos industriais	1983 - 2003	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética e geométrica, mínimo e máximo)	Tendência ao declínio, dados de comparação para algumas categorias.	Redução do LEO Adoção de medidas de controle coletivo
LIANG et al. (2005)	Revisão de literatura e metanálise	China 55 indústrias chinesas de ramos diversos. 621 conjuntos de mensurações de benzeno no ar	1971-2001	Concentração média de benzeno (Mediana)	Tendência ao declínio com oscilações ao longo dos anos e elevação no final dos anos 1990 para determinados ramos de atividade	Crescimento econômico Aumento do número de indústrias de pequena escala nas áreas rurais Melhoria dos serviços de saúde ocupacional Lei de Prevenção e Controle de Doenças Ocupacionais (2001) Inovações na tecnologia de produção, Substituição do benzeno Melhores práticas de trabalho
WANG et al. (2006)	Revisão de literatura e metanálise	China Indústria de fabricação de sapatos 333 mensurações de benzeno no ar	1978 - 2004	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética, mínimo e máximo)	Tendência ao declínio nas últimas duas décadas, porém, muitas indústrias mantêm concentrações de benzeno acima do LEO, especialmente as Estatais	Lei de Prevenção e Controle de Doenças Ocupacionais Introdução do novo OEL para benzeno em 2002 Substituição das colas à base de benzeno Proibição de solventes à base de benzeno Medidas de controle nos locais de trabalho

Referência	Tipo de estudo	País/ /Indústria/População/número de amostras	Período	Métricas de exposição	Tendência	Fatores relacionados à tendência
LIU et al (2009)	Revisão de literatura	China Indústrias de tintas e revestimento 5500 amostras	1956-2005	Concentração média de benzeno	Tendência ao declínio, embora os dois últimos períodos tenham concentrações médias semelhantes. A exposição média ao benzeno foi significativamente menor para a fabricação de tinta do que a pulverização de tinta. As concentrações de ar de benzeno foram maiores do que os LEOs nacionais vigentes na época para cada período histórico	Lei de Prevenção e Controle de Doenças Ocupacionais Ventilação industrial
PARK et al. (2015)	Revisão de literatura e metanálise	Coreia Indústrias de ramos diversos 15.729 mensurações de benzeno no ar	1977 - 2013	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética)	Tendência ao declínio, até os anos 2000, porém concentrações acima do LEO após 2000	Redução do teor de benzeno em produtos Legislação mais restritiva Redução do LEO Monitoramento obrigatório Medidas de engenharia Mudanças nos processos produtivos
WILLIAMS et al (2005)	Transversal seriado	EUA Indústria química 3700 mensurações de benzeno no ar	1976-1987	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética)	Tendência ao declínio	Medidas de engenharia Controle de vazamentos Treinamento de funcionários Programa de proteção respiratória
PANKO <i>et al</i> (2009)	Transversal seriado	EUA- Baton Rouge Refinaria 5289 mensurações de benzeno no ar.	1977-2005	Concentrações médias de benzeno	Tendência ao declínio especialmente para técnicos de processo e de laboratório	Modificações de processos Cumprimento das normas da OSHA Programa de monitoramentos
KREIDER et al. (2010)	Transversal seriado	EUA - Illinois Refinaria 2289 mensurações de benzeno no ar	1977-2006	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética e ANOVA)	Tendência ao declínio para quase todas as categorias de trabalho e tarefas de rotina e de parada de manutenção	Medidas de engenharia Regulamentação para controle da poluição ambiental - Padrões Nacionais de Emissão de Benzeno para Poluentes Perigosos do Ar (NESHAP) Natureza das tarefas realizadas

Referência	Tipo de estudo	País/ /Indústria/População/número de amostras	Período	Métricas de exposição	Tendência	Fatores relacionados à tendência
GAFFNEY, et al. (2010)	Transversal seriado	EUA Refinaria 5.603 mensurações de benzeno no ar	1976-2007	Concentrações médias de benzeno	Tendência ao declínio para a maioria das categorias de trabalho, mas apenas nos técnicos de laboratório esta diferença foi estatisticamente significativa	Tipo de tarefa Função Mudanças de processo
GAFFNEY et al. (2011)	Transversal seriado	EUA Refinaria Baytown 9.650 mensurações de benzeno no ar	1978 – 2006	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética)	Tendência ao declínio	Declínio estatisticamente significativo para as tarefas de coleta e análise de amostras amostral e manutenção de vazamentos.
WIDNER et al, (2011)	Transversal seriado	EUA Refinaria Louisiana 879 mensurações de benzeno no ar	1977-2005	Concentrações médias de benzeno	Tendência ao declínio para trabalhadores próprios	Instalação de sistemas de recuperação de vapor
AKERSTROM et al. (2016)	Transversal	Suécia Refinarias	2012-2014	Níveis médio de exposição Modelos de efeitos mistos	Diferenças no declínio da exposição entre trabalhadores próprios e terceirizados e entre funções	Atividades em paradas de manutenção Manuseio em fluxos de produtos abertos contendo frações mais altas de benzeno
ALMERUD et al. (2017)	Transversal	Suécia Refinarias 505 mensurações de benzeno no ar 265 trabalhadores	2009-2011	Níveis médio de exposição Modelos de efeitos mistos	Diferenças no declínio da exposição entre técnicos de processo e de manutenção	Manuseio em fluxos de produtos abertos contendo frações mais altas de benzeno Atividades de drenagem
BURNS et al. (2017)	Transversal seriado	EUA Refinarias 16.700 mensurações de benzeno no ar	1976 – 2007	Concentração média de benzeno	Tendência de declínio após 1990	Mudanças na regulamentação, implementação de medidas de controle coletivo, programas e práticas para garantir que as exposições dos funcionários permaneçam abaixo dos limites de exposição e que cumpram as normas da OSHA
TUOMI et al. (2018)	Transversal seriado	Finlândia Refinarias 4.588 mensurações de benzeno no ar de amostras	1977-2014	Concentração média de benzeno	Tendência de declínio	Implementação consistente de medidas de controle coletivo e ferramentas no gerenciamento de SSMA

Referência	Tipo de estudo	País/ indústria/População/número de amostras	Período	Métricas de exposição	Tendência	Fatores relacionados à tendência
SCARSELLI et al. (2011)	Transversal seriado	Itália Banco de dados nacional 37.137 trabalhadores 15.776 mensurações de benzeno no ar	1996 – 2007	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética e geométrica, Modelo de efeitos mistos)	Tendência de declínio	Redução do limite de exposição ocupacional
HAVET et al. (2017)	Transversal seriado	França Pesquisa SUMER – amostra representativa de população de trabalhadores do setor privado e em hospitais públicos da França 2003: 49.984 (N=17,5 mi) 2010:47.983 (N=21,7mi)	2003-2010	Prevalência e grau de exposição	Tendência de declínio (especialmente em contratos permanentes, gestores e em empresas com mais de 500 funcionários)	Mudanças regulatórias Redução do LEO Mudanças nos processos produtivos Substituição por produtos mais seguros
AMSTRONG et al. (2011)	Avaliações de exposição retrospectiva	Indústrias de Xangai – China 9739 amostras do Instituto Municipal de Supervisão da Saúde de Xangai	1963 a 1993	Concentrações médias de benzeno (Médias aritmética)	Tendência de declínio	Lei de Prevenção e Controle de Doenças Ocupacionais em 2002 Implementação de um novo LEO para o benzeno
GLASS, et al. (2017)	caso-controle com análise de tendência associada	Canadá, Reino Unido e Austrália – Pool de 03 estudos epidemiológicos em trabalhadores de Refinarias	1910 - 2000	Exposição média de benzeno em ppm	Aumento da intensidade de exposição ao benzeno partir do final da década de 1930, com pico na década de 1950 e declínio nas últimas décadas	Introdução de craqueamento catalítico nas refinarias Categoria de trabalho Atividade Setor de trabalho
GROSS, et al. (2018)	caso-controle associado a estudo de higiene ocupacional para avaliar exposição ao longo do tempo	China – Shangai Indústrias diversas Mensurações realizadas pelo Comitê Permanente do Congresso Nacional Popular em 2001	1979 - 2001	Exposição média de benzeno em mg/m3	Médias acima do LEO para a China Um grande pico na exposição ao benzeno na década de 1970 Seguido de tendência de declínio e posterior estabilização.	Crescimento industrial Redução do LEO
FRIESEN et al. (2012)	Estudo epidemiológico usando matriz de exposição ocupacional e medidas de exposição a benzeno	Xangai – China	1954 - 2000	Concentrações médias de benzeno	Declínio não linear com diferença de 13 vezes nas concentrações de exposição ao longo de quatro décadas e uma diferença de 20 vezes nas concentrações de exposição entre grupos de trabalho/indústria.	As reformas econômicas chinesas a partir do final da década de 1980 até o início da década de 1990

Referência	Tipo de estudo	País/ /Indústria/População/número de amostras	Período	Métricas de exposição	Tendência	Fatores relacionados à tendência
KAUPPINEN et al. (2013)	Estudo de tendência utilizando matriz de exposição ocupacional	Indústrias Finlandesas População trabalhadora da Finlândia	1950 – 2008 (e estimativa até 2020)	Prevalência do nível de exposição	Tendência de declínio	Medidas legislativas para proibição ou redução do uso de benzeno

ARTIGO 2

**AVANÇOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE PREVENÇÃO DA
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL DO BENZENO (PPEOB) - BRASIL, 2000 -2017**

ARTIGO 2**AVANÇOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO (PPEOB) - BRASIL, 2000 -2017****Título curto: IMPLEMENTAÇÃO DO PPEOB**

Cavalcanti VL

Programa de Saúde Ambiental e do Trabalhador, PISAT, Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia

Autor para correspondência:

Valquíria Lima Cavalcanti

Endereço: Alameda Praia de Figueirinhas, 79 – Quadra E2, Lote 06

Vilas do Atlântico, Lauro de Freitas - BA.

E-mail: valquirialiamcavalcanti@yahoo.com.br

Palavras-chave: Benzeno; exposição ocupacional; Acordo Nacional do Benzeno; normas de prevenção e controle; evolução da implantação de ações de prevenção; PPEOB.

AVANÇOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL DO BENZENO (PPEOB) - BRASIL, 2000-2017

Valquíria Lima Cavalcanti

RESUMO

Contexto: em 1995, a norma regulamentadora 15 NR-15, Anexo n.º 13-A, estabeleceu a implantação compulsória dos Programas de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno (PPEOB).

Objetivo: estimar o grau de implantação do PPEOB.

Métodos: este é um estudo pré-pós realizado com documentos e bases de dados registrados em 2000 e 2017, em nove empresas que processam ou utilizam o benzeno. Foram identificadas dimensões, subdimensões e variáveis componentes, medidas pelas inspeções do trabalho de saúde e segurança como 1 = não implantado, 2 = implantado parcialmente e 3 = implantado totalmente. O grau de implementação corresponde à proporção de pontuações somadas fora do máximo que poderia ser obtido, enquanto o nível de avanço foi medido com a variação proporcional percentual (VPP%) do grau de implementação ao longo do tempo de estudo.

Resultados: Das nove empresas elegíveis, quase metade (n = 4) evoluiu positivamente com o PPEOB, principalmente em Soluções Tecnológicas para Proteção Coletiva; três não avançaram nas subdimensões do conteúdo técnico do PPEOB e apresentaram evolução variável nas outras subdimensões e duas reduziram o grau de implantação do PPEOB, no escopo e na qualidade do monitoramento da exposição ao benzeno e na participação dos trabalhadores, com evolução positiva em outras subdimensões.

Conclusões: Apesar do pequeno número (n= 9) e da representatividade limitada das empresas, esses achados mostram o quão viável é a avaliação sistematizada da implantação das normas para o controle da exposição ao benzeno. Apenas recursos analíticos simples foram envolvidos. Instituições envolvidas precisam avançar na análise do impacto das políticas e suas repercussões na carga da doença.

ADVANCES ON THE BENZENE OCCUPATIONAL EXPOSURE PREVENTION PROGRAM (PPEOB) IMPLEMENTATION - BRAZIL, 2000 -2017

ABSTRACT

Context: in 1995, Occupational Health and Safety Ordinance (NR-15) established the compulsory implementation of Prevention of Occupational Exposure to Benzene (PPEOB) in Brazil.

Objective: to estimate the degree of PPEOB from 2000 to 2017.

Methods: this is a pre-post study carried out with documents and databases recorded in 2000 and 2017, from benzene-user industries. Dimensions, subdimensions and component variables, measured by health and safety labor inspectorates as 1=no implanted, 2=partially implanted and 3=full implanted were identified. Degree of implementation corresponds to the proportion of summed scores out of the maximum which could be obtained, while advance level was measured with the percentage proportional variation (PPV%) of the degree of implementation over the study time.

Results: From all nine eligible companies, almost half (n=4) evolved positively with the PPEOB, especially on Technological Solutions for Collective Protection; three did not advance in technical content of the PPEOB and presented variable evolution in the other subdimensions and two reduced the degree of PPEOB, in the scope and quality of monitoring and in the participation of workers, with positive evolution in other subdimensions.

Conclusions: Despite the small number (n=9) and limited representativeness of companies, these findings show how feasible is the evaluation of norms for benzene exposure control. Only simple analytical resources were involved. Occupational and safety institutions need to advance evaluation on their policies implementation and disease burden impact.

AVANÇOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL DO BENZENO (PPEOB) - BRASIL, 2000 -2017

1 Introdução

O benzeno é um agente químico de ampla utilização em todo o mundo, e empregado como matéria prima de várias indústrias. Reconhecido como mielotóxico e cancerígeno desde 1982 (IARC, 2012; IARC, 2017), vem sendo alvo de recomendações para o controle da exposição seja na população seja entre os trabalhadores, que apresentam um maior risco de exposição. No Brasil, o benzeno passou a ser utilizado em larga escala nos anos 1970, especialmente com a estruturação e ampliação da indústria petroquímica (BONCIANI, 1996). Com a divulgação dos seus efeitos na saúde e o intenso debate público que se seguiu, tornou-se evidente a necessidade da vigilância e controle dessa exposição em ambientes de trabalho (COSTA, 2009). Em 1995, com forte participação do movimento sindical e sanitário, foi redefinida a regulamentação brasileira da exposição ocupacional ao benzeno que avançou ao superar o conceito de limite de tolerância, e tornar obrigatório o Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno, o PPEOB (ARCURI, 2005; BONCIANI, 1996; COSTA, 2009). Esse programa abrange o monitoramento ocupacional, da exposição e saúde dos trabalhadores potencialmente expostos devendo, a partir do reconhecimento e caracterização da exposição, introduzir mudanças definidas com a participação dos trabalhadores (BRASIL, 1995; BAHIA, 1997).

Apesar de decorridos mais de 25 anos de início de sua vigência, não foram encontrados estudos sobre respostas ao PPEOB, a extensão da sua implementação ou da efetividade das ações propostas. São raras as publicações sobre as abordagens avaliativas de intervenções no campo da gestão da segurança e saúde em ambientes de trabalho. Em um dos raros estudos sobre determinantes do nível de implantação de ações de proteção da saúde do trabalhador da indústria, o modelo lógico compunha-se de: a) contexto; b) implantação; e c) resultados. A abordagem foi quali-quantitativa verificando-se, em um ano do ciclo de avaliação, que o grau de implantação foi alcançado pelos seguintes fatores: 1º) autonomia da

gestão financeira interna do programa; 2º) integração das equipes de saúde e segurança; e em 3º) conhecimento dos trabalhadores sobre o programa (CHAVES et al., 2009). Neste estudo, após ajustes e adaptações utiliza-se essa abordagem conceitual para avaliar o grau de implantação das ações que compõem a política de proteção dos trabalhadores frente à exposição ao benzeno, corporificada nas diretrizes e parâmetros definidos no Anexo n.º 13-A da Norma Regulamentadora 15, Portaria 14/95, com foco no PPEOB (BRASIL, 1995).

2 Materiais e métodos

Este é um estudo do tipo pré-post por empregar dados de relatórios do PPEOB de 2000 e de 18 anos após a obrigatoriedade da NR 15, anexo n.º 13-A de 1995, no ano de 2017. Buscou-se estimar o grau de implantação dessa política de prevenção da exposição ocupacional ao benzeno, com dados registrados por nove empresas da cadeia de produção e utilização do benzeno, estabelecidas em uma unidade da federação.

2.1 O sistema de registro de dados do PPEOB nas empresas

Com a publicação da NR 15, anexo n.º 13-A, em 1995, o Ministério do Trabalho (MT) tornou obrigatório para as empresas que empregam benzeno, o cadastramento e a apresentação do PPEOB (Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno), sob a gestão do Departamento de Segurança e Saúde da Secretaria de Inspeção do Trabalho (SIT) (BRASIL, 1995). Esse cadastramento é requerido para a autorização da produção ou uso do benzeno, acompanhado pelo documento relativo ao PPEOB inicial e suas versões anuais com relatórios de atividades executadas, apresentados às unidades regionais do MT, responsáveis pelas inspeções das condições de segurança e saúde nas empresas. Mudanças nos parâmetros da empresa que impliquem na mudança do risco de exposição devem ser registradas no cadastro e no PPEOB. Assim, informações e dados relativos ao reconhecimento e caracterização da exposição, monitoramento ocupacional bem

como sobre as ações implantadas são registradas pelas empresas, com formato padronizado, em meio digital ou impresso (Figura 1). Esses registros são de acesso restrito, exceto o cadastro, e passam por análise e auditorias no ambiente de trabalho, por meio de ações planejadas e periódicas da inspeção do trabalho (MT). Essas inspeções, na verdade, com escopo de higiene, segurança e saúde no trabalho, realizam-se com equipe composta por auditores fiscais do trabalho, sob acompanhamento de técnicos especializados de órgãos do MT (FUNDACENTRO), membros do GTB (Grupo de Trabalhadores do Benzeno) e representantes das empresas (engenheiros e técnicos de segurança no trabalho, higienistas e médicos do trabalho). A lista de verificação utilizada nessas inspeções foi elaborada por uma Comissão Estadual Tripartite do Benzeno, com base no check list utilizado na Comissão Nacional do benzeno e serviu de base para a construção da matriz de dados utilizada no presente estudo.

Dessa forma, neste estudo foram utilizados os seguintes sistemas de registros de informações: 1) CAD (cadastro das empresas); 2) registros das AFR (ações fiscais realizadas); 3) resultados do monitoramento da EXPB (exposição ao benzeno); 4) relatórios das ações implantadas pelas empresas e seus respectivos graus de desenvolvimento (GRAU). O cadastro, disponível na página oficial do MT (<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/fiscalizacao/cadastro-benzeno-e-asbesto>), contém dados sobre a identificação da empresa, ramo de atividade (CNAE), número de trabalhadores, uso e volume processado de benzeno, dentre outros. As demais bases de dados foram obtidas diretamente das empresas e unidades regionais do MT. Esses dados foram organizados em planilhas Excel. Constituindo uma base de dados unificada. O conjunto de itens auditados e inspecionados, constante da lista de verificação, foi categorizado em dimensões e subdimensões, estruturadas em uma matriz de dados que integra cada uma das variáveis que compõem os instrumentos empregados (Tabela Suplementar 1).

2.2 Definição de variáveis

Cada item dos instrumentos empregados, corresponde a uma variável componente que recebeu um score: 1=não implantado; 2=parcialmente implantado; e 3=completamente implantado. A variável desfecho foi o GRAU_IMPL (Grau

Percebido de Implantação de Ações do PPEOB), que corresponde a soma do escores obtidos do conjunto das variáveis componentes (Tabela Suplementar 1) em cada subdimensão e dimensão, respectivamente. As variáveis descritoras são os anos-calendário 2000 e 2017, e características das empresas: a) porte da empresa, definido pelo número total de empregados; b) tipo de processo envolvendo benzeno (produz, utiliza como matéria prima, utiliza produto que contém, se transporta/armazena, e se analisa/inspeciona equipamentos contendo benzeno); c) quantidade média de processamento anual de benzeno em toneladas; d) percentual de benzeno em volume nas correntes; e) gestão em SST - composição do SESMT (1=próprio com higienista, 2=próprio sem higienista, 3=terceirizado e 4=não necessita); e) histórico em SST que compreende duas variáveis específicas 1) autuação em fiscalização pelo MT (SIM/PARCIAL/NÃO) e 2) cumpriu TAC (SIM/PARCIAL/NÃO).

2.3 Análise estatística

Escores totais, para o conjunto das variáveis de cada dimensão e subdimensão, foram calculados e estimados as proporções relativas ao máximo de pontos que poderia ser alcançado, de modo a padronizar e permitir a comparabilidade. Essas proporções foram calculadas para cada empresa, separadamente, e ano-calendário correspondente. Por fim, estimou-se a VPP% (variação proporcional percentual) referente ao período do estudo (2000 e 2017). Nos casos em que as empresas já se encontravam com a subdimensão completamente implantada no ano inicial e no final, a VPP% era não estimável, e se considerou separadamente. O número reduzido de empresas limitou o uso da inferência estatística.

As análises foram realizadas em planilhas Excel e com o aplicativo SAS versão ODA 9.1.

O Projeto foi registrado na Plataforma Brasil (Nº 35408620.1.0000.5030) e aprovado pelo CEP (Comitê de Ética em Pesquisa), do Instituto de Saúde Coletiva/Universidade Federal da Bahia (30/06/20, Número do Parecer: 4.181.493). O acesso às bases de dados e documentos foi autorizado pelo órgão regional – SRTb-BA (Processo 46204.006608/2018-90).

3 Resultados

Nove (n=9) empresas, de uma unidade da federação, apresentaram todos os dados e documentos requeridos para a análise. Dessas, com base no ano 2000, cinco eram de grande porte, três realizavam atividades de análise/inspeção do benzeno, duas eram do setor de transporte e armazenamento e três produziam ou empregavam o benzeno como matéria prima; o volume processado do benzeno superava 20 mil toneladas/ano em três empresas, enquanto seis concentravam correntes com mais de 10% de benzeno. Mais da metade (5/9) contava com SESMT (Serviço de Engenharia, Segurança e Medicina no Trabalho) próprio, com profissional especializado em higiene ocupacional.

A matriz de dados empregada com dimensões e subdimensões, e escores máximos respectivos está apresentada na Tabela 1. Na dimensão PPEOB, a subdimensão Etapas do PPEOB é a de maior número de variáveis componentes, cujo escore máximo foi 75; o menor, 12, corresponde à “Formalização do PPEOB”, com quatro variáveis integrantes. O grau de implantação alcançado de 2000 a 2017, para esta subdimensão, mostrado na Tabela 2, foi máximo (grau=12) já no primeiro ano, 2000, em cinco empresas. Duas tiveram elevação e outras duas reduziram o grau de implantação nesse período. O documento relativo ao PPEOB teve melhora da estrutura na maior parte (6/9) das empresas, enquanto o seu conteúdo técnico mostra que ambos, o “Monitoramento da Saúde” e as “Soluções Tecnológicas”, foram os de maior aumento do grau de implantação (8/9). A “Divulgação” também teve grau de implantação crescente no período para todas as empresas. A “Qualidade dos Monitoramentos da Exposição” se ampliou de 5,6% a 47,1%, em seis empresas, e declinou somente em uma delas. A “Sinalização e Rotulagem” avançou em relação ao primeiro ano a mais de 100% em duas empresas, embora tenha tido queda em duas, respectivamente, -36,4% e - 12,5%. Ainda na Tabela 2, observa-se que, simultaneamente, à implantação do PPEOB, o grau de participação dos trabalhadores cresceu, em proporções que variaram de 4,1% a 73,9%, com a constituição e funcionamento dos GTB (Grupos de Trabalhadores do Benzeno). A implantação das ações relativas às empresas terceirizadas mostrou evolução positiva variando de 9,7% a 121% em seis empresas e para duas delas não foi estimada por não possuírem trabalhadores terceirizados.

Em suma, das nove empresas, quatro (C, D, E, H) aumentaram o grau de implantação de todas as subdimensões em análise, no período, ressaltando-se com maior expressão as Soluções tecnológicas. Enquanto duas empresas (B, F) mostraram declínio nas seguintes subdimensões, respectivamente, Monitoramento da Exposição e da sua Qualidade e Resposta aos casos de exposição (B); Constituição, treinamento e funcionamento do GTB (F) e evolução positiva nas outras subdimensões. Vale notar, que três empresas (A, G, I), apresentaram variação na evolução da implantação, com estagnação em subdimensões do conteúdo técnico do PPEOB e grau de implantação positivo ou negativo para outras subdimensões.

4 Discussão

Os achados deste estudo, com registros apresentados por nove empresas, e aferidos no ambiente de trabalho pelo órgão de inspeção das condições de trabalho, saúde e segurança, do MT, mostraram que, entre 2000 e 2017, na maioria houve a implantação, em maior ou menor grau, das diretrizes de prevenção e controle da exposição ocupacional ao benzeno, Portaria 14/95 (BRASIL, 1995). De acordo com os documentos, o PPEOB avançou especialmente nas respostas com ampliação das medidas de controle coletivo, por meio de Soluções Tecnológicas, com adoção de medidas de engenharia para reduzir as emissões fugitivas e vazamentos ou derramamentos de benzeno, seguidas pela Divulgação do PPEOB, com a socialização, para os trabalhadores, dos resultados de monitoramentos ocupacionais e de saúde e das ações implementadas; e do Monitoramento de Saúde dos trabalhadores, por meio de exames médicos periódicos, hemogramas seriados e indicador biológico de exposição. Em três empresas houve variação na implantação, com estagnação da maioria das subdimensões relativas ao conteúdo técnico do PPEOB e evolução positiva ou negativa nas outras subdimensões, e duas apresentaram algum grau de retrocesso, na Formalização e Etapas do PPEOB e Sinalização e rotulagem, e na dimensão Participação dos trabalhadores, com evolução positiva nas outras subdimensões.

O avanço na implantação do PPEOB não surpreende. A adoção de uma Política para a prevenção e controle da exposição ao benzeno resultou da mobilização de trabalhadores, notadamente da indústria petroquímica e química, da intensa produção e circulação do conhecimento de que o benzeno causava câncer, e da participação dos atores sociais, representando os setores de governo, sindicatos laborais e patronais, que passaram a compor CNPBz (Comissão Nacional Permanente do Benzeno), e suas respectivas Comissões Estaduais, garantindo o controle social necessário para a efetivação dessa política. As medidas de controle coletivo, por meio de Soluções Tecnológicas, são as mais relevantes nesse avanço, por proporcionarem uma redução das concentrações de benzeno no ambiente de trabalho, por meio da redução das emissões fugitivas e dos vazamentos ou derramamentos de benzeno. Nas empresas estudadas, a maioria: substituiu pontos de coleta de amostras de benzeno do tipo “torneirinhas ou abertos” por sistemas fechados com recirculação; trocou a medição manual dos volumes de tanques de benzeno, por sistema de medição por radar; tanques com teto fixo foram substituídos por outros com selo flutuante; bombas com selo simples passaram a ter selo duplo ou estrutura hermética; o monitoramento contínuo das concentrações de benzeno no ar, com alarme nas salas de controle; sistema de exaustão para capelas de laboratórios; sistemas de drenagem fechado, dentre outras. Sistemas de exaustão em capelas seguido de telemetria e tetos flutuantes em tanques, foram as tecnologias mais frequentemente implantadas, abrangendo 100% e 70% das empresas, respectivamente. A tecnologia menos adotada foi o sistema de monitoramento contínuo das concentrações de benzeno, com apenas duas empresas. É importante ressaltar, que essas medidas representam a forma de prevenção e controle da exposição mais eficaz, considerando o conjunto das medidas de controle, por eliminarem ou reduzirem a liberação de vapores de benzeno para o ambiente, porém, mais caras, quando comparadas às administrativas ou de proteção individual. Ademais, embora a hierarquia das medidas em SST priorize o controle coletivo por meio de soluções tecnológicas ou de engenharia, seguido das medidas administrativas e de organização do trabalho e como última escolha a proteção individual (BRASIL, 1994), na prática, a realidade de grande parte das empresas é a adoção apenas de equipamentos de proteção individual. Dessa forma, apesar do pequeno número de empresas e,

consequentemente, da reduzida capacidade de generalização dos achados, é de grande relevância o avanço observado na subdimensão Soluções tecnológicas, revelando uma mudança de comportamento das empresas no enfrentamento de uma condição de trabalho inadequada. Relatos técnicos de ações mitigadoras e corretivas em Terminais e Oleodutos de uma empresa de transporte e armazenagem de petróleo e derivados, apresentaram Soluções tecnológicas semelhantes às implantadas nas empresas deste estudo, destacando-se: 1) sistema fechado para a coleta de amostras ; 2) máquinas de lavar garrafas de amostras contaminadas com produto; 3) melhorias nas condições de exaustão e insuflação nos laboratórios de análise químicas 4) transporte das amostras em “cases”, de forma a impedir a exposição em caso de acidentes por quebra dos frascos, além de recomendações para a implementação de sistema de drenagem e amostragem fechados (MORAES et al., 2004; SILVA et al., 2005).

O grau de implantação do monitoramento de saúde dos trabalhadores também avançou em todas as empresas analisadas. Embora a Norma Regulamentadora 7 definisse o PCMSO (Programa de Controle Médico em Saúde Ocupacional) desde 1994, a nova regulamentação tornou obrigatória a criação de bases de dados das séries históricas dos hemogramas, que permitem identificar a exposição crônica ao benzeno, de forma individual e coletiva; tornou compulsório também, a partir de 2001, o uso do Indicador Biológico de Exposição, ácido trans, trans-mucônico na urina, que permite a identificação de trabalhadores com exposição efetiva. Essas mudanças representaram uma melhoria na detecção e diagnóstico precoces de exposição aguda e crônica e na descrição do perfil epidemiológico dos trabalhadores expostos. Embora com menores graus de avanços o Monitoramento da Exposição ocupacional, passou a adotar parâmetros da higiene ocupacional, definindo-se Grupos Homogêneos de Exposição, critérios para definição das amostras e periodicidade dos monitoramentos, dentre outros.

Três empresas não avançaram na implantação do PPEOB, especificamente, em mais de 50% das subdimensões diretamente relacionadas ao PPEOB, além de apresentarem grau de implantação negativo na subdimensão Etapas do PPEOB. São empresas com atividade produtiva semelhante, de pequeno ou médio porte, que não possuíam SESMT. Achados de um estudo da OSHA revelaram que as empresas de pequeno porte apresentam baixos níveis de abordagens formalizadas

e sistemáticas para a gestão de SST, pequena participação dos trabalhadores e escassez de recursos (gerenciais, tempo, financeiro, dentre outros) associados à inexistência de um serviço de segurança e medicina do trabalho para dar suporte à empresa nas questões de SST, deixando-as mais vulneráveis em termos da segurança e saúde no trabalho (EU-OSHA, 2018).

Com relação ao grau de implantação negativo, quatro empresas apresentaram retrocesso no cumprimento das ações, a maioria nas subdimensões do PPEOB, porém duas também tiveram grau negativo na participação dos trabalhadores. Das subdimensões do PPEOB, a Formalização, o cumprimento das Etapas do PPEOB e a Sinalização e rotulagem foram as subdimensões mais frequentes, mais uma vez concentrando-se nas empresas de pequeno e médio porte, o que corrobora os resultados do estudo da OSHA sobre a dificuldade na formalização das rotinas de SST por estas empresas (EU-OSHA, 2018).

A Participação dos trabalhadores é elemento fundamental para o desenvolvimento de SST nos ambientes de trabalho. Nos países escandinavos, a tradição da participação e cooperação na vida profissional se reflete nos regulamentos de SST que tem focado na importância da democracia nos locais de trabalho, com participação e envolvimento dos trabalhadores nos processos de intervenção e mudança em SST nos ambientes de trabalho (OYSTEIN; TORVATN; NYTRO, 2003). Estudo da EU-OSHA também demonstrou que nos países com uma forte tradição participativa, tais como a Suécia e Dinamarca, o envolvimento e atuação das representações de trabalhadores nas questões de SST eram especialmente mais altos, além disso, havia uma variação setorial, com níveis baixos de participação em setores como a agricultura em comparação com a manufatura, por exemplo (EU-OSHA, 2018). No presente estudo, das nove empresas, seis apresentaram grau de implantação positiva para a dimensão Participação dos Trabalhadores, e, embora o crescimento percentual seja inferior a 15% em cinco destas, quando compara-se os resultados em 2000 com os de 2017, o que se verifica é que já no ano 2000 havia alto grau de implantação para esta dimensão, variando de 37% a 92%, com elevação para 100% em quatro das seis empresas no ano de 2017. Neste sentido, destaca-se que no processo de gestão da Política de prevenção da exposição ao benzeno no Brasil os trabalhadores, por meio das organizações sindicais, foram os reais protagonistas. A pressão dos sindicatos,

especialmente, químicos, petroquímicos e metalúrgicos, sobre os órgãos governamentais de SST, frente a epidemia de leucopenia que se descortinava nos principais polos industriais do país, foi essencial para as intervenções e mudanças que se processaram. Esse movimento teve reflexos na constituição das comissões tripartites e na inclusão da representação específica para as questões relativas ao benzeno no chão de fábrica, com a exigência de constituição do GTB (Grupo de Trabalhadores do Benzeno), subcomissão da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes, em cada empresa, como forma de garantir a participação e controle social no processo de implantação da Normatização e Acordo do benzeno. Ainda assim, três empresas neste estudo apresentaram grau de implantação negativo para a Participação dos Trabalhadores, sendo duas de pequeno ou médio porte e uma de grande porte.

Finalmente, na dimensão empresas terceirizadas o objetivo seria de avaliar como as recomendações para a prevenção da exposição ao benzeno foram implantadas para empresas terceirizadas e se havia diferenças na direção da implantação, se positiva ou negativa, quando comparada com a empresa contratante, naquilo que se aplica às empresas terceirizadas, como o monitoramento da exposição ocupacional e de saúde e a participação dos trabalhadores. Essa avaliação não foi aplicada a três empresas, por não possuírem contratos de terceirização de mão de obra, no entanto, as outras seis apresentaram graus de implantação positivo, variando de 9,7% a 121,7 %, e, embora não sendo objeto de uma análise quantitativa mais profunda, esses resultados apontam numa direção oposta às conclusões apresentadas por estudos sobre as desigualdades entre trabalhadores terceirizados e diretamente contratados no Brasil (CAMPOS, 2018; DRUCK, 2016), merecendo uma análise mais cuidadosa e detalhada e com maior número de empresas para confirmação desse achado.

As conclusões desse estudo devem ser consideradas no contexto de suas limitações. Em especial, a pequena quantidade de empresas analisadas, correspondendo a 6% do total de empresas cadastradas no Brasil. Isso compromete a representatividade e a validade externa, i.e., a extensão em que os resultados desse estudo se aplica ao conjunto de empresas que trabalham com benzeno. As empresas não foram selecionadas aleatoriamente o que também acrescenta um limite à representatividade das unidades em observação. Ademais, trata-se de

dados secundários, produzidos pelas próprias empresas, situação de claro conflito de interesses, uma vez que definiam evidências do seu desempenho de cumprimento de uma determinação legal, passível de penalidades. As respostas ao check list sobre o grau de implantação, entretanto, foram obtidas da auditoria fiscal, após examinar os relatórios e demais documentos, além de inspecionar os locais de trabalho, acompanhada por trabalhadores do GTB, sindicatos e profissionais de outras instituições, como a FUNDACENTRO (Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho). Apesar desses limites, este estudo é relevante por demonstrar a possibilidade da avaliação do grau de cumprimento de normas de proteção do trabalhador, frente à um cancerígeno, causador de enfermidades graves que podem levar à morte. Nesse sentido é exemplar, ao apresentar os pontos fortes e os frágeis, que precisarão de fortalecimento ou revisão. Trata-se de estudo original em uma área da ciência aplicada, cujo impacto é imediato sobre as condições de saúde.

Este estudo representa um avanço no conhecimento sobre a prevenção e controle da exposição ocupacional ao benzeno no Brasil, por possibilitar o acesso a informações que frequentemente ficam restritas às empresas ou a órgãos governamentais de fiscalização, permitir avaliar quais ações foram implantadas em maior ou menor grau e por produzir ferramentas que poderão ser utilizadas para a sua replicação ou para a prática da inspeção do trabalho e vigilância à saúde.

Os achados desse estudo permitem indicar a necessidade de análises do grau de implantação de regulamentações em períodos, ciclos, mais curtos, por exemplo a cada três anos, uma vez que em um intervalo de 17 anos ainda foram constatados retrocessos ou não implantação das ações pelas empresas. Embora os resultados mostrem aumento da participação dos trabalhadores, por meio dos GTB, o cenário atual revela-se menos otimista, especialmente diante das mudanças recentes na legislação trabalhistas, da crise econômica que se agravou com a pandemia da COVID-19 e do elevado desemprego e desindustrialização (DRUCK; BORGES 2002; SOUZA, 2021).

Referências

ARCURI, A. S. A. (coord.) et al. **Acordo e legislação sobre o benzeno: 10 anos**. São Paulo: Fundacentro, 2005.

BAHIA. Delegacia Regional do Trabalho. Ministério do Trabalho. **Portaria nº 107, de 03 de julho de 1997**. Cria a Comissão Regional Tripartite, com a finalidade de acompanhar a implantação e o desenvolvimento do Acordo Nacional sobre o Benzeno, e os encaminhamentos quanto a questão da alta e retorno dos trabalhadores afastados por benzenismo no Estado da Bahia, Salvador, 1997. Disponível em: <http://cvs.saude.sp.gov.br>. Acesso em 01 nov. 2015.

BONCIANI, M. (org.) **Saúde, ambiente e contrato coletivo de trabalho: experiências em negociação coletiva**. São Paulo: LTr, 1996.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Gabinete do Ministro. **Portaria SSST n.º 25, 29 de dezembro de 1994**. Última alteração pela Portaria SEPRT n.º 1.359, de 09 de dezembro de 2019. NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasília, 1994. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-09-atualizada-2019.pdf>. Acesso em 24 de agosto de 2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 14, de 20 de dezembro de 1995**. Altera o item “substâncias cancerígenas” do anexo 13, da Norma Regulamentadora nº 15. Brasília, 1995.

CAMPOS, André Gambier (org.). **Terceirização do trabalho no Brasil: novas e distintas perspectivas para o debate**. Brasília: Ipea, 2018. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8258/1/Terceiriza%C3%A7%C3%A3o%20do%20trabalho%20no%20Brasil_novas%20e%20distintas%20perspectivas%20para%20o%20debate.pdf. Acesso em 04 out. 2021.

CHAVES, S. C. L.; SANTANA, V. S.; LEÃO, I. C. M.; SANTANA, J. N.; ALMEIDA, LIMA. Determinantes da implantação de um programa de segurança e saúde no trabalho. **Rev Panam Salud Publica**, v. 25, n. 3, p. 204-212, 2009.

COSTA, D. F. **Prevenção da exposição ao benzeno no Brasil**. 2009, 184 f. Tese (Doutorado em Ciências) Departamento de Patologia - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5144. Acesso em 04 mar. 2015.

DRUCK, Graça; BORGES, Ângela. TERCEIRIZAÇÃO: balanço de uma década. **CADERNO CRH**, Salvador, n. 37, p. 111-139, jul./dez. 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/crh/article/view/18604>. Acesso em 06 out. 2021.

DRUCK, Graça. Unrestrained outsourcing in Brazil: more precarization and health risks for workers. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 32, p. 1-9, 2016. Disponível em: <https://www.sindhoesg.org.br/dados/publicacoes/pub0002689-5c1ba50a7c7b4f41c6b2cc8312904552.pdf#page=184>. Acesso em 04 out. 2021.

EU-OSHA - European Agency for Safety and Health at Work. **Safety and health in micro and small enterprises in the EU: the view from the workplace**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018. Disponível em: <https://osha.europa.eu/en/publications/safety-and-health-micro-and-small-enterprises-eu-view-workplace/view>. Acesso em 04 out. 2021.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. A review of human carcinogens: chemical agents and related occupations. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**, Lyon, France, v. 100, p. 225-248, 2012. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/>. Acesso em 20 jan. 2019.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**, Lyon, France, v. 120, 2017. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/>. Acesso em 20 jan. 2019.

MORAES, P. S. de; FERREIRA, E.; PATTO, M. **IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. Ppeob - Programa de Prevenção a Exposição Ocupacional ao Benzeno para Empregados Próprios e Contratados**. Rio de Janeiro, Copyright, 2004. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/rog2004-trabalhos-tecnicos/>. Acesso em 24 ago. 2017.

OYSTEIN, Saksvik P.; TORVATN, H.; NYTRO, K. Systematic occupational health, and safety work in Norway: a decade of implementation. **Safety Sci.**, v. 41, n. 9, p. 721-38, 2003. Disponível em: [https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds\[\]=citjournalarticle_27695_8](https://www.safetylit.org/citations/index.php?fuseaction=citations.viewdetails&citationIds[]=citjournalarticle_27695_8). Acesso em 29 mai. 2002.

SILVA, E. F.; BALTAR, J. L. C. IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás. Avaliações qualitativas de benzeno em terminais e oleodutos. **Conference and Exposition 2004**, Rio de Janeiro, Copyright, p. 17-19 out. 2005. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/biblioteca/conferenceproceedings/riopipeline/>. Acesso em 24 nov. 2017.

SOUZA, Diego O. As dimensões da precarização do trabalho em face da pandemia de Covid-19. **Trabalho, Educação e Saúde**, v. 19, 2021. Disponível em: <https://www.tes.epsjv.fiocruz.br>. Acesso em 06 jun. 2021.

WILLIAMS, P. R. D. An analysis of violations of OSHAS (1987) occupational exposure to benzene standard. **J Toxicol Environ Heal - Part B Crit Rev**, v. 17, n. 5, p. 259-283, set. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10937404.2014.924452>.

Tabela 1. Dimensões, subdimensões e número de variáveis componentes e respectivo escore máximo

Dimensão	Subdimensão	Descrição	Variáveis (N)	Escore máximo
I. Desenvolvimento do Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno (PPEOB) (Total de variáveis: N=89)	1. Formalização do PPEOB	Existência do documento do PPEOB Formalizado por ato administrativo por ocupante do cargo gerencial Indicação de responsável e executor	4	12
	2. Etapas do PPEOB	Contempla as etapas do PPEOB: reconhecimento e caracterização do processo produtivo e força de trabalho, os procedimentos para prevenção e controle da exposição e plano de ação com cronograma	25	75
	3. Conteúdo técnico do PPEOB			
	3.1 Monitoramento da exposição ocupacional	Mensurações das concentrações de benzeno no ar, segundo parâmetros normativos	6	18
	3.2 Qualidade dos monitoramentos	Parâmetros da higiene ocupacional para controle da qualidade dos monitoramentos	9	27
	3.3 Monitoramento de saúde	Realização de exames de saúde ocupacional, IBE e séries históricas dos hemogramas	9	27
	3.4 Soluções tecnológicas para medidas de proteção coletiva	Ações de inovação tecnológicas adotadas na empresa por meio PPEOB	8	24
	3.5 Sinalização e rotulagem	Informações sobre a presença de benzeno no ambiente de trabalho	5	15
	4. Divulgação	Ações para divulgação do PPEOB e resultados das avaliações de saúde para os trabalhadores	6	18
II. Participação dos trabalhadores (Total de variáveis: N=17)	Grupo de trabalhadores do benzeno - GTB	Constituição, treinamento, reuniões, plano de ação, relação com a empresa do GTB	17	51
III. Empresas terceirizadas (Total de variáveis: N=17)	Cumprimento de recomendações relativas às empresas terceirizadas	Recomendações relativas às exigências contratuais, mecanismos de controle e acompanhamento, monitoramento da exposição e de saúde e participação dos trabalhadores de empresas terceirizadas	17	51

Tabela 2. Variação proporcional percentual do grau de implantação estimado entre 2000 e 2017, por subdimensão, para cada empresa

Dimensão	Subdimensão	Empresas (VPP%) 2000-2017									Conclusão		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	Amplitude +	Amplitude	Delta +
I. Desenvolvimento do Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno (PPEOB)	1. Formalização do PPEOB	+66,7	N_EST*	N_EST*	+20,00	N_EST*	N_EST*	-16,7	N_EST*	-20,0	20 - 66,7	16,7 - 20	47
	2. Etapas do PPEOB	-8,0	+8,8	+12,9	+19,6	+48,7	+80,0	-10,8	+17,5	-6,2	8,8 - 80,0	6,2 - 10,8	71
	3 - Conteúdo técnico do PPEOB												
	3.1 Monitoramento da exposição	S_ALT**	-25,0	+12,5	+5,9	+23,1	+50,0	+100,0	+20,0	S_ALT**	5,9 - 100	25	94
	3.2 Qualidade dos monitoramentos	S_ALT**	-20,0	+22,7	+5,6	+17,6	+25,00	S_ALT**	+47,1	S_ALT**	5,6 - 47,1	20	41
	3.3 Monitoramento de saúde	S_ALT**	+31,6	+38,9	+35,3	+53,3	+42,1	+46,1	+42,1	+46,1	31,6 - 53,3	---	22
	3.4 Soluções tecnológicas para proteção coletiva	S_ALT**	+20,0	+120,0	+100,0	+50,0	+50,0	S_ALT**	+53,3	+200,0	20 - 200	---	180
	3.5 Sinalização e rotulagem	+120,0	+18,2	+50,0	+36,4	+87,5	+9,1	-36,4	+114,3	-12,5	9,1 - 120	12,5 - 36,4	111
4. Divulgação	+50,0	+50,0	+50,0	+80,0	+50,0	+60,0	+20,0	+80,0	S_ALT**	20 - 80	---	60	
II. Participação trabalhadores	d Constituição, treinamento e funcionamento do Grupo trabalhadores do Benzeno	+73,9	+4,5	+8,5	+4,1	+13,3	-4,5	-62,2	+8,5	-51,7	5,9 - 100	25	94
III. Empresas terceirizadas	Cumprimento de recomendações relativas empresas terceirizadas	NSA	+14,8	+121,7	+9,8	+9,7	+22,2	NSA	+118,2	NSA	5,6 - 47,1	20	41

N_EST*- Não estimável - 100% de cumprimento desde 2000. S_ALT** - Não houve variação entre 2000 e 2017, embora não seja 100% de cumprimento. NSA - Não se aplica, A subdimensão não se aplica à empresa (empresa não possui trabalhadores terceirizados).

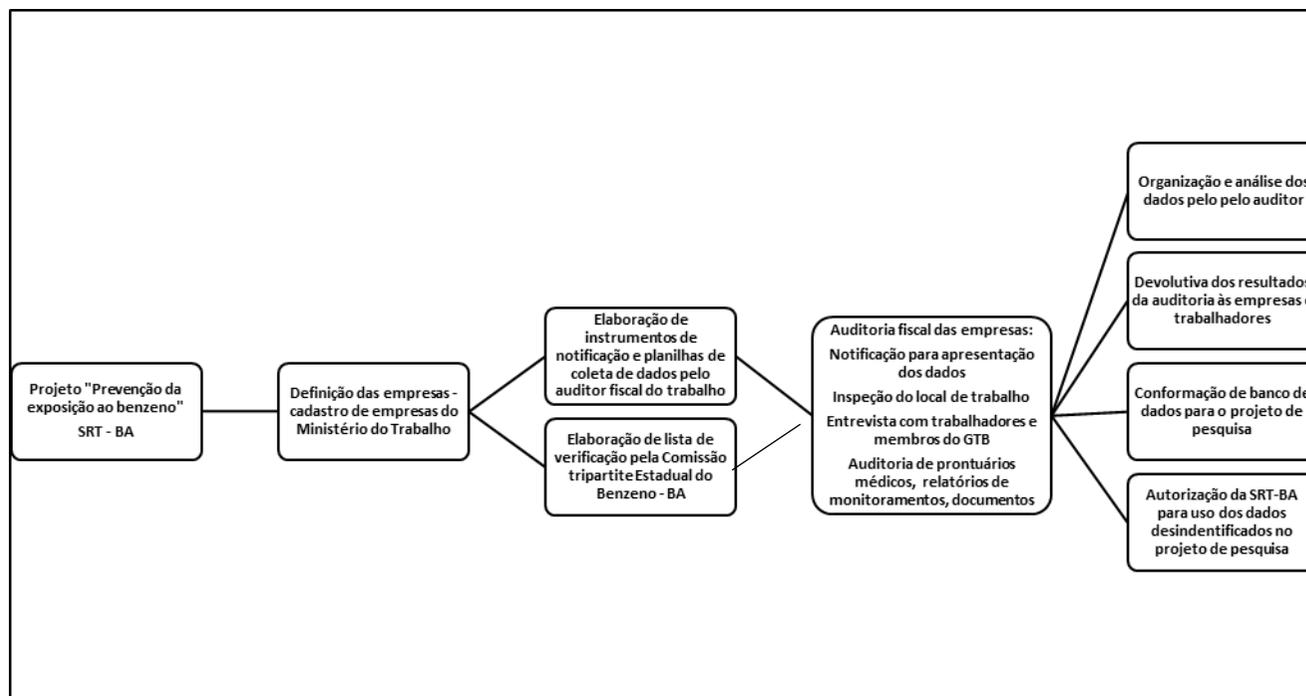
Tabela Suplementar 1. Matriz com dimensões, subdimensões e variáveis componentes

DIMENSÃO	SUBDIMENSÃO	VARIÁVEIS
I - PPEOB	1. Formalização do PPEOB	Existência do documento gerencial do PPEOB
		Formalização por ato administrativo
		Designação de Responsável pelo PPEOB
		Designação de Responsáveis pela execução
	2. Etapas do PPEOB	Reconhecimento e caracterização das instalações
		Há a descrição do processo produtivo
		Há a indicação da quantidade média mensal de benzeno produzida/armazenada
		Registro da relação com TAG dos equipamentos que contenham ou por onde circula benzeno
		Há lay out, fluxograma e diagrama de blocos do processo
		Há registro das fontes de emissão de benzeno
		Reconhecimento e caracterização da mão de obra
		Descrição dos cargos e funções e respectivas atividades desenvolvidas por cada função.
		Caracterização da mão de obra por Grupos Homogêneos ou Similares de exposição de acordo com o risco de exposição ao benzeno
		Não existem GHE críticos ou em não conformidade com o VRT?
		Os trabalhadores terceirizados são contemplados na formação dos GHE?
		Procedimentos
		Contém relação e identificação de todos os procedimentos previstos pelo item 5.4 do Anexo 13 A, NR15
		Possui Programa de Proteção Respiratória implantado?
		Os procedimentos para a prevenção da exposição ao benzeno para os locais críticos são satisfatórios?
		Existe procedimento escrito para a coleta e armazenamento de amostras de urina para a realização do IBE ácido T, T mucônico.
		Possui programa de emissões fugitivas.
		Plano de ação/cronograma
		Apresenta um plano de ação
		O plano de ação possui um cronograma
		O cronograma do plano de ação se encontra atualizado
		O Plano de ação prevê medidas coletivas de prevenção da exposição
		Em caso positivo, há previsão de medidas de engenharia.
		O plano de ação vem sendo executado de acordo com o cronograma.
		A empresa apresenta um plano de ação com cronograma para implantação de soluções tecnológicas para a eliminação/redução das emissões de benzeno.
		Cronograma para substituição de selos das bombas com problemas de vazamento
		Existe um cronograma para substituição dos coletores de amostras abertos.
		Cronograma para redução do número de pontos de coleta de amostra
Cronograma para adequação do SAO com redução de área de emissão por evaporação e implantação de sistema de fechamento de superfície		
Cronograma para substituição de selos das bombas com problemas de vazamento		
Existência de cronograma para substituição de Flanges, válvulas, gaxetas com tecnologia de menor emissão.		
Cronograma para adequação dos tanques existentes visando redução de emissões.		

3. Conteúdo técnico do PPEOB	Monitoramento da exposição ocupacional (IN001)
	Realiza avaliação das concentrações de benzeno para verificação da exposição ocupacional e vigilância do ambiente de trabalho, segundo a IN001
	O programa de emissões fugitivas está sendo executado
	Realiza amostragem com instrumentos de leitura direta?
	Realiza avaliações de curta duração?
	Realiza avaliações de ponto fixo?
	Qualidade dos monitoramentos
	Não houve recomendações para aprimoramento da técnica de avaliação ambiental de benzeno?
	O critério de escolha dos momentos de coleta das amostras é aleatório?
	A frequência da avaliação é determinada de acordo com a IN001?
	Elabora relatórios periódicos anuais com os resultados dos monitoramentos ocupacionais?
	Foram apresentados os documentos referentes às análises das amostras coletadas?
	Participa de programa de controle de qualidade laboratorial?
	Analisa os desvios e as não conformidades individualmente.
	Elabora relatórios com as análises dos desvios.
	O retorno à normalidade é avaliado conforme recomenda a IN001?
	Monitoramento de saúde - IN002
	Todos os trabalhadores admitidos estão sendo submetidos a exames médicos admissionais incluindo o hemograma completo e plaquetas.
	Todos os trabalhadores estão sendo submetidos a exames médicos periódicos a cada 06 meses incluindo o hemograma completo e plaquetas.
	Todos os trabalhadores que retornaram ao trabalho após 30 dias ou mais de afastamento por motivo de doença estão sendo submetidos à avaliação clínica.
	Todos os trabalhadores que vão ser demitidos estão sendo submetidos a exames médicos demissionais incluindo o hemograma completo e plaquetas.
	A empresa possui banco de dados com as séries históricas dos hemogramas dos trabalhadores.
	A empresa realiza o monitoramento do Indicador Biológico de Exposição – IBE para o benzeno (ácido trans-trans, mucônico na urina) por ocasião dos monitoramentos da exposição ocupacional.
	São monitorados todos os trabalhadores do GHE ou no mínimo 20, para os GHE com muitos trabalhadores.
	A empresa realiza o monitoramento do Indicador Biológico de Exposição em trabalhadores envolvidos em atividades críticas.
	A empresa realiza o monitoramento do Indicador Biológico de Exposição em trabalhadores envolvidos em situações atípicas.
	Respostas para os casos de exposição
	Casos de alterações dos parâmetros hematológicos acima ou abaixo de 20%: A empresa segue os procedimentos estabelecidos na Norma de Vigilância à saúde de trabalhadores expostos ao benzeno e na IN002.
	Nos casos de exposição aguda a empresa possui e segue os procedimentos de investigação normatizados?
	Nos casos de exposição crônica a empresa possui e cumpre os procedimentos normatizados?
Os trabalhadores sob investigação são afastados da área com risco de exposição?	
Existe um fluxo de informações entre o setor de higiene ocupacional e o setor médico quanto aos resultados de monitoramentos ocupacionais e biológicos.	
Soluções tecnológicas para prevenção da exposição	
As bombas possuem selos duplos, são herméticas ou possuem outra tecnologia mais avançada.	
O sistema de coleta de amostras é fechado e com recirculação.	

		Existência de analisadores de linha para correntes líquidas e gasosas contendo benzeno.
		Sistema de drenagem fechado até o SAO.
		Existência de tanques de teto flutuante ou selo de nitrogênio.
		Sistema de medição de tanques com radar ou telemetria.
		Existência de sistema de monitoramento contínuo das concentrações de benzeno no ar, com alarme na área e na sala de controle, para as áreas industriais.
		As análises de benzeno são realizadas sob capelas com exaustão?
		Sinalização e rotulagem
		Sinalização suficiente?
		Ficha de informações disponível para os trabalhadores?
		Acesso fácil à Ficha para todos os trabalhadores?
	Conteúdo da Ficha satisfatório?	
	A rotulagem de recipientes contendo benzeno está de acordo com a regulamentação?	
	4. Impacto das medidas de prevenção e controle	A empresa possui sistema de registros de ocorrências de emergências envolvendo benzeno?
		Em caso positivo, o registro obedece aos procedimentos do item 14c, do Anexo13-A?
		Inexistência de emergências?
		Inexistência de áreas ou locais críticos, ou isolados, ou em NÃO CONFORMIDADE com o VRT
		Inexistência de registros de casos de exposição aguda?
		Inexistência de registros de casos de exposição crônica?
		Inexistência de trabalhadores em investigação de alterações hematológicas.
		Inexistência de trabalhadores afastados por motivo de doença relacionada com a exposição ao benzeno.
Não foram emitidas CATS em decorrência de DO relacionada ao benzeno		
Inexistência de Registro de ocorrências de vazamentos recorrentes em selos de bombas.		
Inexistência de ocorrências de emissões fugitivas fora do padrão.		
5. Divulgação do PPEOB	A empresa realiza atividades de divulgação do PPEOB para os trabalhadores	
	Os trabalhadores têm conhecimento da existência do PPEOB	
	Os trabalhadores tomam conhecimento dos resultados do PPEOB.	
	Os trabalhadores tomam conhecimento dos resultados dos monitoramentos ocupacionais.	
A empresa fornece cópias dos resultados dos exames, IBE, pareceres e laudos médicos aos trabalhadores		
II – PARTICIPAÇÃO DOS TRABALHADORES	Constituição, treinamento e funcionamento do Grupo de trabalhadores do Benzeno	GTB constituição/treinamento
		A composição do GTB está de acordo com o estabelecido no Acordo Nacional do Benzeno.
		O GTB recebeu o treinamento previsto no Acordo Nacional do Benzeno.
		O treinamento do GTB ocorreu dentro do prazo previsto.
		A carga horária do treinamento foi de, no mínimo, 20 horas.
		Houve treinamento prático
		O treinamento do GTB obedeceu aos conteúdos definidos pelo Acordo Nacional do Benzeno
		GTB/Reuniões/Plano de trabalho
		O GTB está realizando reuniões mensais.
		As reuniões do GTB são registradas em atas da CIPA ou atas específicas.
		GTB/Plano de ação
		O GTB está acompanhando e analisando o desenvolvimento do PPEOB.
		GTB/relação com a empresa
		A empresa facilita ao GTB a participação em cursos, eventos relacionados ao benzeno.
		A empresa tem permitido o acesso à documentação, fornecido cópia de documentos e informações relativas ao benzeno, aos membros do GTB

		Os membros do GTB têm tempo necessário para o cumprimento de suas atribuições.
		O empregador dá apoio administrativo aos membros do GTB
		A empresa tem cumprido os compromissos firmados com o GTB
		O GTB é informado das ocorrências de emergências/vazamentos envolvendo benzeno?
		O GTB participou ou tem conhecimento dos critérios de definição dos GHE?
III – EMPRESAS TERCEIRIZADAS	Cumprimento das recomendações relativas às empresas terceirizadas	Exigências contratuais
		A contratante fornece documento contendo o reconhecimento e caracterização dos agentes de risco da Contratante.
		A contratante fornece documento contendo as exigências relativas ao PCMSO para trabalhadores terceirizados.
		Mecanismos de controle e acompanhamento
		Existência de mecanismo de controle no acesso do trabalhador contratado à planta da contratante, baseado no cumprimento das exigências de SST.
		Apresentação obrigatória de documento-base do PPRA pela contratada à contratante.
		Apresentação obrigatória de documento gerencial do PCMSO pela contratada à contratante.
		Análise dos resultados de hemogramas, séries históricas e ASOS dos trabalhadores da contratada pelo setor médico da contratante.
		Monitoramento da exposição ocupacional
		Inclusão dos trabalhadores das contratadas em Grupos Homogêneos de Exposição do PPEOB.
		Os trabalhadores terceirizados são monitorados?
		A contratante realiza monitoramentos da exposição ocupacional do benzeno dos trabalhadores da contratada de acordo com a IN001.
		Vigilância de saúde
		A contratante realiza o monitoramento do indicador biológico de exposição – IBE dos trabalhadores da contratada.
		A contratante investiga os episódios de exposição aguda envolvendo trabalhadores da contratada
		Todos os trabalhadores admitidos pelas contratadas estão sendo submetidos a exames médicos admissionais incluindo o hemograma completo e plaquetas.
		Todos os trabalhadores das contratadas estão sendo submetidos a exames médicos periódicos a cada 06 meses incluindo o hemograma completo e plaquetas.
		Todos os trabalhadores das contratadas estão sendo submetidos a exames médicos demissionais incluindo o hemograma completo e plaquetas
		Participação dos trabalhadores
		O Grupo de Trabalhadores do Benzeno está constituído.
O GTB participou de treinamento		
O GTB participa das reuniões do GTB da contratante		

Figura 1. Etapas da obtenção dos dados

ARTIGO 3

**PROGRAMAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO
(PPEOB) E NÍVEIS DE ÁCIDO TRANS, TRANS- MUCÔNICO EM
TRABALHADORES, 2012-2017**

ARTIGO 3

PROGRAMAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO (PPEOB) E NÍVEIS DE ÁCIDO TRANS, TRANS- MUCÔNICO EM TRABALHADORES, 2012-2017

Título curto: PREVENÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO

Cavalcanti VL

Programa de Saúde Ambiental e do Trabalhador, PISAT, Instituto de Saúde Coletiva da Universidade Federal da Bahia

Autor para correspondência:

Valquíria Lima Cavalcanti

Endereço: Alameda Praia de Figueirinhas, 79 – Quadra E2, Lote 06

Vilas do Atlântico, Lauro de Freitas - BA.

E-mail: valquirialimacavalcanti@yahoo.com.br

Palavras-chave: Benzeno; exposição ocupacional; Indicador biológico de exposição; ácido trans, trans- mucônico; normas de prevenção e controle; medidas de controle; monitoramento da exposição.

PROGRAMAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO (PPEOB) E NÍVEIS DE ÁCIDO TRANS, TRANS-MUCÔNICO EM TRABALHADORES, 20012-2017

Valquíria Lima Cavalcanti

RESUMO

Contexto: No Brasil, o benzeno é empregado em vários processos produtivos, o que pode resultar em trabalhadores expostos a esse cancerígeno. A Norma Regulamentadora 15, Anexo n.º 13-A, de 1995, tornou compulsória a implantação de Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno (PPEOB) e, mais tarde, a Portaria 34/2001 definiu que o ácido trans, trans-mucônico (AttM-U) deveria ser empregado no monitoramento por biomarcador (IBE) da exposição ao benzeno.

Objetivo: Em empresas usuárias de benzeno, elegíveis para o PPEOB que tiveram a sua implantação analisada, descreve-se a exposição de trabalhadores ao benzeno por meio de resultados do indicador biológico de exposição “ácido trans, trans-mucônico urinário (AttM-U)”.

Métodos: Este é um estudo transversal seriado conduzido com documentos e bases de dados do PPEOB, no período de 2012 a 2017, com registros semestrais ou anuais, de empresas sob inspeção do Ministério do Trabalho (MT). Trabalhadores monitorados, no período, empregados em empresas de um estado da federação, compõem a população do estudo. De acordo com as normas vigentes, considerou-se exposição ao benzeno resultados de mensurações do IBE – AttM-U maior ou igual a 0,5 mg/g de creatinina. Para cada grau/tipo de implantação do PPEOB, a evolução da proporção de expostos no período foi analisada, em cada uma das empresas.

Resultados: Os registros de dados eram fragmentados e faltantes para alguns semestres nas nove empresas com medidas de AttM-U únicas ou repetidas. Um total de 1058 trabalhadores apresentaram pelo menos uma medida de IBE, destes, 170 apresentaram pelo menos um resultado igual ou superior a 0,5mg/g de creatinina, contabilizando 212 resultados. . Ao início do estudo, em 2012, as nove empresas tinham trabalhadores com IBE igual ou acima do valor de referência, e no último ano, 2017, apenas uma empresa. Entre as empresas com grau de implantação negativo em subdimensões do PPEOB, houve maiores proporções de expostos. Observou-se mensurações acima dos valores de referencia em todas as empresas avaliadas.

Conclusões: Apesar dos avanços reconhecidos na concepção e estratégias propostas na política de controle da exposição ocupacional ao benzeno no Brasil, e dos limites deste estudo, restrito a nove empresas com dados de cinco anos, verifica-se que em todas as empresas havia expostos ao início do estudo, 17 anos após a instituição do PPEOB; a implantação do PPEOB em sua completude foi baixa (menos da metade das empresas avaliadas); empresas com evolução negativa do PPEOB apresentaram maiores proporções de expostos demonstrando o sucesso da proposta se efetivamente implantada. Esses achados de um estudo singular revelam a importância de pesquisas avaliativas e do necessário diálogo entre a academia e o MT e Fundacentro, para realização dessas análises em ciclos menores e de modo continuado e sistematizado, produzindo subsídios para a ampliação do debate sobre a prevenção e controle nos ambientes de trabalho.

BENZENE EXPOSURE PREVENTION AND *TRANS MUCONIC ACID* (ttMA) LEVELS IN BRASILIAN WORKERS, 2012-2017

ABSTRACT

Context: In Brazil, benzene is used in several production processes, which can result in workers exposed to this carcinogen. Regulatory Standard 15, Annex 13a, of 1995, made compulsory the implementation of the Program for the Prevention of Occupational Exposure to Benzene (PPEOB) and, later, Ordinance 34/2001 defined that *trans muconic acid* (ttMA) should be used in biomarker monitoring of benzene exposure.

Objective: In benzene-using companies eligible for PPEOB that had their implantation analyzed, the levels of benzene exposure in workers are described by means of results of the biological indicator of exposure *trans muconic acid* (ttMA).

Methods: this is a serial cross-sectional study conducted with PPEOB documents and databases, from 2012 to 2017, with semiannual or annual records, of companies under inspection by the Ministry of Labor (MT). Monitored workers, in the period, in a state of the federation, make up the study population. According to current standards, people with ttMA levels greater than or equal to 0.5 mg/g creatinine were considered exposed to benzene. For each degree/type of implementation of the PPEOB, the evolution of the proportion of exposed in the period was analyzed in each of the companies.

Results: Data records were fragmented and missing for some semesters in the nine companies with single or repeated ttMA measures. A total of 1058 workers presented at least one measure of ttMA, of which 170 presented at least one result equal to or greater than 0.5mg/g of creatinine, accounting for 212 results. At the beginning of the study, in 2012, the nine companies had workers with ttMA equal to or above the reference value, and in the last year, 2017, only one company. Among the companies with a negative degree of implementation in subdimensions of the PPEOB, there were higher proportions of exposed. Measurements above the reference values were observed in all evaluated companies.

Conclusions: Despite the recognized advances in the conception and strategies proposed in the policy of control of occupational exposure to benzene in Brazil, and the limits of this study, restricted to nine companies with data of five years, it was found that in all companies that were already exposed to the beginning of the study, 17 years after the establishment of the PPEOB; the implementation of the PPEOB in its completeness was low (less than half of the companies evaluated); companies with negative evolution of the PPEOB presented higher proportions of exposed demonstrating the success of the proposal if effectively implemented. These findings of a study reveal the importance of evaluative research and the necessary dialogue between academia and MT and Fundacentro, to perform these analyses in smaller cycles and in a continuous and systematized way, producing subsidies for the expansion of the debate on prevention and control in the work environments.

PROGRAMAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE DA EXPOSIÇÃO AO BENZENO (PPEOB) E NÍVEIS DE ÁCIDO TRANS, TRANS- MUCÔNICO EM TRABALHADORES, 2012-2017

1 Introdução

O benzeno é um agente mielotóxico e cancerígeno de amplo uso, alvo de monitoramento, registro e controle especialmente em ambientes de trabalho (IARC, 2017). Evidências de declínio na exposição ocupacional vêm sendo observadas, a partir de 1980, especialmente em países da União Europeia (CREELY et al., 2007; KAUPPINEN et al., 2013; HAVET, 2017) e de alta renda (LIßNER et al., 2014), atribuído à redução dos Limites de Tolerância e teor de benzeno em solventes e gasolina, novas tecnologias de produção mais seguras (CAPLETON e LEVY, 2005; WEISEL, 2010; HAVET et al., 2017) e a implementação de programas de saúde, segurança e higiene no trabalho (CREELY et al., 2007, HAVET et al., 2017).

No Brasil, a NR 15, Anexo n.º 13-A, tornou obrigatória, a partir de 1995, a elaboração e implantação do PPEOB (Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno), para empresas que processam benzeno puro ou em misturas acima de 1% em volume. Seu propósito geral é a implantação de proteções coletivas e medidas administrativas, proteção individual e monitoramento da exposição e saúde dos trabalhadores, com metas e cronogramas anuais (BRASIL, 1995).

Em 2001 o “Protocolo para utilização de indicador biológico de exposição ocupacional ao benzeno” passou a recomendar o uso do ácido trans, trans-mucônico na urina – AttM-U, dentre os indicadores biológicos preconizados, para avaliar a exposição ocupacional ao benzeno em condições de baixos níveis de concentração no ar (BRASIL, 2001b). O AttM-U é produto da biotransformação do benzeno no organismo. Cerca de 2 a 3,9% do benzeno absorvido é excretado na urina na forma de AttM-U, o qual atinge um pico de concentração a partir de aproximadamente 5,1 horas após o início da exposição, com uma vida média estimada em 5,1 +/-2,3 horas. O referido protocolo define procedimentos de coleta, transporte e armazenagem das amostras, métodos de análise e interpretação dos

resultados, possibilitando uma padronização entre as empresas que trabalham com benzeno (BRASIL, 2001b).

Em indivíduos sem exposição ocupacional ao benzeno, a concentração do AttM-U está abaixo de 0,5mg/g de creatinina, esse é o parâmetro adotado pela ACGIH e também definido no protocolo publicado pela Portaria 34/2001. Entretanto, é possível detectar a presença de AttM-U em níveis mais baixos na população em geral, devido a presença do benzeno no ar ambiente, oriundo da fumaça de cigarro, fumos da combustão de gasolina automotiva, dentre outras fontes não ocupacionais. O protocolo brasileiro também contém uma tabela que correlaciona valores de concentração de AttM-U com benzeno no ar, obtidos a partir dos valores estabelecidos pelo Deutsche Forschungsgemeinschaft - DFG (1996). Por exemplo, para a concentração de 0,6 ppm de benzeno no ar, a correspondência é de 1,3 mg de AttM/grama de creatinina na urina, enquanto a concentração de 1ppm no ar corresponde a 1,6mg de AttM/grama de creatinina, respectivamente (BRASIL, 2001b).

Controvérsias e questionamentos sobre o uso do AttM-U decorrem, em grande parte, da especificidade deste biomarcador, por se tratar de um indicador sensível, porém com especificidade média, cujas concentrações podem ser influenciadas pelo hábito de fumar, pela exposição concomitante ao agente químico Tolueno e pela ingestão de alimentos contendo ácido sórbico. Alguns autores consideram que ele é inadequado para a avaliação da exposição ambiental populacional ao benzeno, mas que, por outro lado, é um biomarcador apropriado para avaliações de exposição ocupacional. Além disso, a questão da especificidade deste indicador na avaliação de ambientes com baixas concentrações de benzeno tem sido apontada como uma das principais limitações para o seu uso, mesmo em ambiente laboral, especialmente quando comparado com o desempenho dos IBE S-fenilmercaptúrico e Benzeno na urina (ARNOLD et al, 2013; CAMPAGNA et al, 2012).

Por outro lado, estudos comparando resultados de AttM-U entre grupos expostos e não expostos ao benzeno, em um mesmo ambiente laboral com baixa concentração de benzeno, constataram que o AttM-U foi um biomarcador válido, i.e.,

possibilitou a discriminação entre esses grupos, além de demonstrar significativa correlação estatística entre as concentrações ambientais do benzeno e os níveis urinários do ácido trans, trans-mucônico (BARBOSA, 1999; COUTRIM, 2000; COSTA, 2001; MARTINS, 2002; PAULA, 2003; MARTINS, 2004; LOVREGLIO et al., 2010). Vale ressaltar que alguns estudos de coorte demonstraram que a exposição ao benzeno, mesmo em concentrações abaixo de 10ppm, aumentou o risco de neoplasias hematológicas e doenças relacionadas (HAYES, 1997, 2010; PORTENGEN et al., 2015).

Entre as décadas de 1980 e 1990, no Brasil, trabalhadores de siderúrgicas e de indústrias químicas e petroquímicas foram identificados com alterações hematológicas compatíveis com exposição ao benzeno. Isso desencadeou denúncias sobre a inexistência de medidas de prevenção e controle nos ambientes de trabalho e sobre a falta de conhecimento sobre os riscos do benzeno pelos trabalhadores, resultando em mudanças na regulamentação em 1995 (BRASIL, 1995), com o estabelecimento de políticas visando modificar aquele cenário (COSTA, 2009). Passados mais de 25 anos, não foram encontrados estudos sobre o avanço da adoção dessa política no âmbito das empresas nem sobre seu impacto. Pretende-se neste estudo, prover conhecimento sobre desdobramentos dessas mudanças políticas da prevenção do benzeno, descrevendo a evolução temporal da exposição ocupacional em empresas sujeitas ao cumprimento compulsório da NR15, Anexo n.º 13-A, empregando resultados de mensurações do indicador biológico de exposição ácido trans, trans- mucônico na urina. Tendências dessa evolução foram analisadas de acordo com o grau de implantação do PPEOB nas respectivas empresas.

2 Material e métodos

2.1 Desenho e população do estudo

Este estudo é transversal seriado conduzido com documentos e bases de dados do PPEOB de nove empresas que empregavam benzeno, no período de 2012 a 2017, sujeitas à inspeção do MT. A população de referência é o total de trabalhadores dessas empresas, no período estudado. Medidas de AttM-U limitaram-se aos trabalhadores selecionados para o monitoramento, em consonância com as diretrizes estabelecidas pela Portaria SIT/DSST nº 34 de 20/12/2001 (BRASIL, 2001b). Ou seja, compunham os GSE (grupos similares de exposição ao benzeno).

2.2 Coleta de dados

O PPEOB (Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno) compreende um componente administrativo com dados da empresa, outro com informações sobre o reconhecimento e caracterização do processo produtivo e força de trabalho, seguido de descrição de procedimentos para prevenção e controle da exposição e por fim, o plano de ação anual e o cronograma respectivo. Os documentos com registros do desenvolvimento do PPEOB são de envio obrigatório pelas empresas às unidades regionais do Ministério do Trabalho, responsáveis pelas inspeções das condições de segurança e saúde. São de acesso restrito, e objeto de análise quando são realizadas as ações planejadas e periódicas de inspeção do trabalho. Os laudos laboratoriais do AttM-U compõem bases de dados de responsabilidade do médico coordenador do PCMSO (Programa de Controle Médico em Saúde Ocupacional).

Para este estudo foram obtidos dados do PPEOB de nove empresas cadastradas no Ministério do Trabalho e sujeitas a inspeção do órgão regional do trabalho, e de seus trabalhadores que estiveram por pelo menos um mês empregados formalmente, entre 2012 e 2017, conforme registros da RAIS. A coleta de dados foi realizada por meio de auditorias bienais, acompanhadas pelos representantes dos trabalhadores (membros do GTB) e técnicos de segurança e

saúde dos SESMT das empresas, desde o ano 2000. Essas auditorias compreendem inspeções dos ambientes e processos de trabalho, entrevistas com trabalhadores durante as inspeções, entrevistas estruturadas dos membros do GTB, análise de documentos do PPEOB, auditoria de procedimentos operacionais e de segurança no trabalho, prontuários médicos, laudos de monitoramentos ambientais, laudos laboratoriais, dentre outros documentos previstos no PPEOB. As auditorias foram guiadas por uma lista de verificação, construída de forma tripartite, que contempla todos os requisitos previstos no Anexo n.º 13-A da NR15 e regulamentações posteriores para a exposição ocupacional ao benzeno. Os resultados de cada auditoria foram registrados em relatórios técnicos, elaborados pelos auditores fiscais responsáveis, os quais foram apresentados às empresas e representantes dos trabalhadores, sob a forma de resultados da ação fiscal, com notificações e autuações para as não conformidades verificadas. Foi construída uma base de dados em planilha Excel, para o período entre 2000 e 2017, integrando informações sociodemográficas e ocupacionais dos trabalhadores, obtidas do banco de dados de Relações Anuais de Informações Sociais do Ministério do Trabalho (RAIS), resultados da implantação do PPEOB e mensurações do AttM-U, provenientes dos documentos dos PPEOB, relatórios técnicos e listas de verificação das auditorias. Todas as informações passaram por tratamento para desidentificação de empresas e trabalhadores envolvidos no estudo.

2.3 Definição de variáveis

Considerou-se exposto, trabalhadores com AttM-U maior ou igual a 0,5 mg/g de creatinina (AttM-U exposto: 1=sim/0=não). Variáveis descritoras dos trabalhadores foram sexo, idade, ocupação, n.º de anos de emprego, escolaridade e cor da pele; das empresas o grau de implantação do PPEOB (evolução positiva, variável ou negativa), entre 2000 e 2017, n.º de empregados, tipo de processo e percentual de volume nas correntes. Outras informações, como a existência de SESMT, autuações e processos relacionados ao descumprimento das regulamentações do benzeno também foram coletadas.

3 Análise

Estimaram-se proporções de expostos, a cada semestre, por empresa e por grupos de empresas, de acordo com o grau de implantação do PPEOB, no período estudado. As análises foram realizadas em planilhas Excel e com o aplicativo SAS versão ODA 9.1. O Projeto foi registrado na Plataforma Brasil (Nº 35408620.1.0000.5030) e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa -CEP, do Instituto de Saúde Coletiva/Universidade Federal da Bahia (30/06/20, Número do Parecer: 4.181.493). O acesso às bases de dados e documentos foi autorizado pelo órgão regional – SRTb-BA (Processo 46204.006608/2018-90).

4 Resultados

Este estudo incluiu 4274 trabalhadores, de nove empresas, com pelo menos um mês de emprego, conforme registros da RAIS, 2012-2017. Destes, 1058 apresentaram ao menos uma medida de IBE durante o período estudado, sendo 825 o número de trabalhadores com medidas repetidas. (Figura 1). A Tabela 1 mostra as características da população estudada na linha de base (2012). Do total (n=3285), a maioria dos trabalhadores era do sexo masculino (87,3%), predominavam pardos (46,1%) e de idade entre 30 e 49 anos (56,1%), escolaridade superior (66,7%), não fumantes (93,7%), atuando na produção industrial (41,2%), com mais de oito anos de emprego na mesma empresa (75,4%). Para os trabalhadores com medidas de IBE na linha de base (n=469) as características foram semelhantes (Tabela1).

Achados exibidos na Tabela 2 revelam que, em alguns semestres, houve lacunas nas mensurações de AttM-U por empresas. As empresas B, C, D e F apresentaram maior completude nos dados, e as empresas A, E, G, H e I apresentaram dados esparsos e faltantes. Em parte, isto justifica-se pelo menor número de grupos similares de exposição ao benzeno e maior intervalo entre as campanhas de monitoramento da exposição ocupacional a este agente (empresas E e H), mas, por outro lado, as empresas A, I e G deixaram de realizar os monitoramentos biológicos em alguns anos (2012 a 2015), descumprindo a

regulamentação. Além disso, no último semestre avaliado (2017.2) houve poucos dados de mensuração para todas as empresas.

Do total de 1058 trabalhadores com medidas de IBE, 170 apresentaram resultados acima do valor de referência, contabilizando um total de 212 mensurações iguais ou maiores que 0,5mg/g de creatinina entre 2012 e 2017. Considerando as mensurações por semestre, para cada uma das empresas, constata-se que em todos os anos/semestres, com exceção de 2017.2, houve resultados acima dos valores de referência, com maiores proporções nos anos/semestres de 2012 a 2015. Todas as empresas apresentaram, em pelo menos um semestre, resultados de mensurações acima do valor de referência. Uma empresa apresentou expostos em todos os semestres, entre 2012 e 2016, as outras apresentaram oscilações, mas a maior parte dos expostos se concentrou nos anos de 2012 a 2015. As proporções de expostos para o total de mensurações do conjunto das empresas, por semestre, também são oscilantes com maiores proporções nos anos entre 2012 e 2014.

4.1 Empresas com grau de implantação positivo em todas as dimensões e subdimensões

Foram quatro empresas (C, D, E, H) que evoluíram positivamente em relação ao PPEOB. Verifica-se grande oscilação do número de trabalhadores amostrados para medida do IBE ao longo do período do estudo, limitando as interpretações, mesmo para a empresa H, de grande porte com o maior número de registros. A de melhor desempenho foi a D, de menor número amostral (n=82) que evoluiu de 3,2 e 5% a proporção de expostos, respectivamente em 2012.1 e 2012.2, ficando no restante do tempo com ausência de expostos, exceto em 2015.2 (5% de expostos nas amostras). Evoluções positivas do IBE, de redução da proporção de expostos, foram observadas nas demais, C, E, H, apesar de pequenas oscilações.

4.2 Empresas com grau de implantação variado (estagnação, positivo e negativo)

As empresas A, G e I apresentaram evolução variada na implantação, com estagnação em subdimensões do conteúdo técnico do PPEOB e evolução positiva ou negativa em outras subdimensões. Os dados de monitoramentos dessas empresas são esparsos e incompletos, concentrando-se principalmente entre os anos de 2015 e 2017. Para esses anos, verifica-se que a maioria dos semestres com mensurações não apresentou expostos, entretanto, as proporções de expostos, para os semestres com mensurações acima do valor de referência, variaram de 6,7% na empresa I a 28% na empresa G.

4.3 Empresas com grau de implantação negativo em alguma subdimensão e positivo nas demais

Ambas as empresas (B e F) que apresentaram evolução negativa em alguma subdimensão e positiva no restante, são de grande porte e possuíam dados de monitoramentos do IBE para todos os semestres, exceto no segundo semestre de 2017. A empresa B mostrou proporções de expostos entre 20% e 38,5% até o primeiro semestre de 2014 e não apresentou expostos a partir do segundo semestre deste ano. A empresa F apresentou expostos em todos os semestres até 2016, com evolução variável, porém com proporções menores a partir de 2015 grande oscilação do número de trabalhadores amostrados para medida do IBE ao longo do período do estudo, limitando as interpretações, quando comparado com os anos anteriores.

A tabela 3 apresenta as médias e amplitudes das mensurações de IBE, por empresa, classificadas segundo o grau de implantação do PPEOB, 2012-2017. Observou-se mensurações acima de 0,5mg/g de creatinina em todas as empresas avaliadas, sendo os maiores valores em trabalhadores das empresas H (1,89-2013.1), F (1,81-2012.1) C (1,65- 2015.1) e B (1,4 – 2013.1). Em todas as empresas os maiores valores de resultados de IBE ocorreram nos anos de 2012, 2013 e 2015. Nas empresas com evolução positiva no grau de implantação do PPEOB (C, D, E,

H), os valores máximos variaram de 0,51 (E) a 1,89 (H). No grupo de empresas com evolução negativa em alguma dimensão e positiva nas demais (B, F), os valores máximos de mensurações acima do valor de referência foram 1,40 (B) e 1,81 (F). Para o grupo com evolução variada no grau de implantação do PPEOB (A, G, I), esses valores foram 0,52 (I), 0,71 (A), 0,90 (G). Os valores máximos observados em trabalhadores das empresas H, F e C se correlacionam com concentrações de benzeno no ar acima de 1ppm (valor de referência tecnológico), conforme tabela de correção das concentrações de AttM-U com benzeno no ar, estabelecida na Portaria 34/01 (BRASIL, 2001b).

5 Discussão

Neste estudo, analisou-se a exposição ao benzeno em empresas com o Programa de Prevenção da Exposição Ocupacional ao Benzeno, utilizando-se resultados de mensurações do biomarcador AttM-U, sendo verificados resultados de mensurações desse IBE acima dos valores de referência em todas as empresas avaliadas, com maiores valores nos anos de 2012, 2013 e 2015. O pequeno número de empresas (n=9) e os dados de monitoramentos esparsos e faltantes em algumas delas não permitiu verificar se houve diferenças com significância estatística na exposição dos trabalhadores, por grupos de empresas, classificadas segundo o grau de implantação do PPEOB definido pelo estudo 2 desse projeto, ou se houve uma tendência de queda ou aumento da exposição no período estudado, relacionada ao grau de implantação do PPEOB.

Embora a ACGIH (2017) e a Portaria 34/2001 (BRASIL, 2001b) definam valores de referências para o AttM-U, destaca-se que o benzeno está nas listas de agentes comprovadamente cancerígenos para seres humanos (IARC e LINACH), portanto, exposições crônicas, mesmo a baixas concentrações, representam uma ameaça à saúde.

Os resultados das mensurações utilizadas para essa análise revelaram que houve exposição em trabalhadores das nove empresas avaliadas, considerando o valor de referência de 0,5mg/g de creatinina, embora o porte, tipo de processo envolvendo o benzeno e percentual de benzeno nas correntes sejam diversos entre

elas. Também foram constatados valores acima de 1,6 mg/g de creatinina em três empresas, sugerindo concentrações de benzeno no ar acima de 1 ppm no ambiente de trabalho. Os registros se encontravam com grande variação do número de trabalhadores selecionados para a coleta de dados e mensuração do AttM-U. Como as empresas diferiam no grau de implantação do PPEOB as análises foram conduzidas separadamente.

A comparação entre os grupos de empresas, classificadas de acordo com o grau de implantação do PPEOB possibilitou apenas constatar que naquelas com algum grau de evolução negativa a proporção de resultados de IBE acima do valor de referência foi maior que nos outros dois grupos, sugerindo uma situação de maior exposição naquelas empresas.

Os achados deste estudo devem ser interpretados à luz das suas limitações:

- 1) As empresas em comparação apresentam perfis e atividade produtiva diversas, embora todas envolvendo o benzeno;
- 2) A avaliação do grau de implantação do PPEOB foi realizada utilizando-se como ano base o ano de 2000, quando foi realizada a primeira auditoria da implantação, enquanto o ano base para os resultados de IBE foi 2012, devido à ausência de dados de algumas empresas para anos anteriores.
- 3) Os dados foram gerados por força de monitoramento compulsório de um cancerígeno, cujos resultados podem resultar em penalidades das empresas sob inspeção segundo as normas vigentes no país e, embora auditados a luz dos critérios estabelecidos pela Portaria 34/01, e checados em documentos produzidos pelos laboratórios de análise, não podem ser considerados como dados produzidos especialmente para uma pesquisa, onde há um controle rigoroso de todas as etapas, da definição da amostra à análise laboratorial;
- 4) Houve muitos dados faltantes e esparsos, impossibilitando uma análise de tendência;
- 5) No estudo, foi utilizado apenas o valor de referência do IBE na definição de expostos, não sendo realizada uma correlação com os resultados de monitoramento ocupacional, como define a Portaria 34/01.
- 6) Os dados sobre o hábito de fumar apresentaram muitas lacunas, o que impediu uma análise correlacionando o hábito de fumar com os níveis de AttM-U, embora o hábito de fumar fosse pequeno entre aqueles com este dado.
- 7) Uma outra questão importante é o fato de que uma evolução positiva de implantação de um Programa de Higiene, segurança e saúde, como é o caso do PPEOB, determina uma melhor qualidade dos monitoramentos, podendo inclusive

revelar informações sobre exposições que não são avaliadas em condições de baixa implantação.

No Brasil, embora as inúmeras denúncias sobre exposição ocupacional e agravos à saúde relacionados ao benzeno, nos anos de 1980 e 1990, tenham sofrido declínio a partir do final década de 1990 (COSTA, 2009) constata-se relatos frequentes de situações envolvendo exposição e condições inadequadas de trabalho registrados nas atas de reuniões da CNPBz (Comissão Nacional Permanente do Benzeno), entre 1996 e 2018 (BRASIL, 2019). Lamentavelmente, as mudanças na regulamentação não foram acompanhadas por estabelecimento de sistemas de registro e acesso às informações que possibilitassem o monitoramento da evolução da implantação das ações de prevenção e controle, por meio de indicadores de saúde e de higiene no trabalho, como por exemplo os resultados de monitoramentos biológicos, ocupacionais e as séries históricas de hemogramas, e as tentativas que ocorreram para a criação de um sistema de monitoramento não foram bem-sucedidas (COSTA, 2009). Alia-se a isto as conhecidas dificuldades de acesso aos dados da Previdência Social, sobre benefícios e notificações decorrentes de agravos à saúde relacionados ao trabalho.

Na atual conjuntura, de profundo retrocesso, os avanços historicamente conquistados na área da saúde do trabalhador estão sob ameaça real. Em 2019 houve extinção da Comissão Permanente Nacional do Benzeno e, conseqüentemente, das Comissões estaduais, tão fundamentais no controle social e vigilância das condições de trabalho. O recente processo de revisão das Normas Regulamentadoras aponta para alterações no Anexo n.º 13-A da NR15, com retorno de limites de exposição para o benzeno, por exemplo. Soma-se a isto, o enfraquecimento das instituições de vigilância e fiscalização do trabalho, com a atual estratégia de desmonte dos serviços públicos.

Nesse cenário, o presente estudo, apesar das limitações expostas, apresenta informações sobre os resultados da implantação das regulamentações para a prevenção da exposição ao benzeno, promovendo um avanço no conhecimento. Os estudos existentes no país são escassos, e os poucos se concentram em um momento anterior a publicação do Anexo n.º 13-A da NR15, abordando os efeitos sobre a saúde dos trabalhadores. Neste sentido, esta análise também inova por revelar os níveis de exposição ao benzeno que trabalhadores em ocupações e

empresas diversas, estão sujeitos. Por outro lado, as informações aqui apresentadas podem ser valiosas para subsidiar as discussões em torno das mudanças normativas, e para reafirmar a importância da política de prevenção da exposição ao benzeno vigente no país, além de abrirem um caminho para que pesquisas com dados de acesso restrito às empresas e órgãos de governo possam ser realizadas com segurança e confidencialidade das informações.

Referências

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS - ACGIH. **TLV's and BEI's – Thresholds Limits Values and Biological Exposure Indices for 2017**. ACGIH, 2017.

ANGERER, J.; EWERS, U.; WILHELM, M. Human biomonitoring: State of the art. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 210, n. 3-4, p. 201-228, mar. 2007. Disponível em: <http://europepmc.org/article/med/17376741>. Acesso em 21 out. 2017.

ARNOLD, S. M.; ANGERER, J.; BOOGAARD, P. J.; HUGHES, M. F.; LONE, R. B. O.; ROBISON, S. H.; SCHNATTER, A. R. The use of biomonitoring data in exposure and human health risk assessment: benzene case study. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 43, n. 2, p. 119-153, fev. 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3585443/>. Acesso em 22 jun. 2018.

BARBOSA, E. M.; VALENTE, J. G.; CALDAS, L. Q. D. A. O ácido trans-trans-mucônico urinário como indicador biológico de exposição ocupacional ao benzeno na indústria de refino do petróleo. **Cad. Saúde Colet.**, v. 7, n. 2, p. 187-206, 1999. Disponível em: http://www.cadernos.iesc.ufrj.br/cadernos/images/csc/1999_2/artigos/csc_1999_v7n2_187-206.pdf. Acesso em 23 out. 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 14, de 20 de dezembro de 1995**. Altera o item “substâncias cancerígenas” do anexo 13, da Norma Regulamentadora nº 15. Brasília, 1995. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=181411>. Acesso em 22 nov. 2015.

BRASIL - Ministério do Trabalho e Emprego. **Acordo sobre o benzeno. Série Convenções Coletivas sobre Segurança e Saúde**, v.8. Brasília: MTE, DSST, SIT, 2000.

BRASIL - Ministério do Trabalho e Emprego. **05 anos do Acordo do Benzeno - Resultados da auditoria em empresas da Bahia**. Gerência Regional do Trabalho de Camaçari, 2001a.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 34, de 20 de dezembro de 2001**. Institui o Protocolo para a utilização de Indicador Biológico de Exposição ao Benzeno. Brasília, 2001b. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=182693>. Acesso em 22 nov. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência Social. **Atas-CNPBz-NR15**. Comissão Nacional Permanente do Benzeno (CNPBz NR-15): Comissões Tripartites (anteriores ao Decreto 9.759/2019). Brasília, 2019. Disponível

em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/comissoes-tripartites-antiores-ao-decreto-9-759-2019>.

CAMPAGNA, M.; SATTA, G.; CAMPO, L.; FLORE, V.; IBBA, A.; MELONI, M.; COCCO, P. Biological monitoring of low-level exposure to benzene. **Medicina Del Lavoro**, v. 103, n. 5, p. 338-346, 2012. Disponível em: <https://mohit.pure.elsevier.com/en/publications/biologicalmonitoring-of-low-level-exposure-to-benzene>. Acesso em 01 out. 2019.

CAPLETON, A. C.; LEVY, L. S. An overview of occupational benzene exposures and occupational exposure limits in Europe and North America. *Chemical-Biological Interactions*, v. 153-154, p. 43-53, 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15935799/>. Acesso em 24 set. 2017.

CORRÊA, M. J. M.; SANTANA, V. S. Exposição ocupacional ao benzeno no Brasil: Estimativas baseadas em uma matriz de exposição ocupacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 32, n. 12, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00129415>.

COSTA, M. de F. B. da. **Estudo da aplicabilidade do ácido trans, trans - mucônico urinário como indicador biológico de exposição ao benzeno**. 2001, 126f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Escola Nacional de Saúde Pública, 2001. Disponível em: <https://teses.icict.fiocruz.br/pdf/costamfbd.pdf>. Acesso em 02 abr. 2017.

COSTA, D. F. **Prevenção da exposição ao benzeno no Brasil**. 2009, 184 f. Tese (Doutorado em Ciências) Departamento de Patologia - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5144. Acesso em 04 mar. 2015.

COUTRIM, M. X.; CARVALHO, L. R. F. D.; ARCURI, A. S. A. Avaliação dos métodos analíticos para a determinação de metabólitos do benzeno como potenciais biomarcadores de exposição humana ao benzeno no ar. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 653-663, out. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/7drWSFVJH9dY9Ryh6bxR5MC/?lang=pt>. Acesso em 23 abr. 2016.

CREELY, K. S.; COWIE, H.; TONGEREN, M. Van; KROMHOUT, H.; TICKNER, J.; CHERRIE, J. W. Trends in inhalation exposure - A review of the data in the published scientific literature. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 51, n. 8, p. 665-678, nov. 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17932083/>. Acesso em 08 dez. 2018.

FUSTINONI, S.; CONSONNI, D.; CAMPO, L.; BURATTI, M.; COLOMBI, A.; PESATORI, A. C.; MERLO, D. F. Monitoring low benzene exposure: Comparative evaluation of urinary biomarkers, influence of cigarette smoking, and genetic

polymorphisms. **Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention**, v. 14, n. 9, p. 2237-2244, set. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16172237/>. Acesso em 12 mar. 2017.

GERALDINO, B. R.; NUNES, R. F. N.; GOMES, J. B.; GIARDINI, I.; SILVA, P. V. B. et al. Analysis of Benzene Exposure in Gas Station Workers Using Trans, Trans-Muconic Acid. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 15, jul. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17155295>.

HAVET, N.; PENOT, A.; MORELLE, M.; PERRIER, L.; CHARBOTEL, B.; FERVERS, B. Trends in occupational disparities for exposure to carcinogenic, mutagenic and reprotoxic chemicals in France 2003-10. **European Journal of Public Health**, v. 27, n. 3, p. 425-432, jun. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28379396/>. Acesso em 07 out. 2018.

HAYES, Richard B.; YIN, Songnian; DOSEMECI, Mustafa; GUI-LANLI, Wacholder Sholom, et al. Benzene and the Dose-Related Incidence of Hematologic Neoplasms in China. **Journal of the National Cancer Institute**, v. 89, n. 14, jul. 1997. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9230889/>.

HAYES, Richard B.; YIN, Songnian; ROTHMAN, Nathaniel; DOSEMECI, Mustafa; LI, Guilin et al. Benzene and lymphohematopoietic malignancies in China, **Journal of Toxicology and Environmental Health Part A**, v. 61, n. 5-6, p. 419-432, nov. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00984100050166442>.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**, Lyon, France, v. 120, 2017. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/>. Acesso em 20 jan. 2019.

JALAI, A.; RAMEZANI, Z.; EBRAHIM, K. Urinary Trans, Trans-Muconic Acid is Not a Reliable Biomarker for Low-level Environmental and Occupational Benzene Exposures. **Safety and Health at Work**, v. 8, n. 2, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5447411/>. Acesso em 30 ago. 2018.

JONES, K.; MCCALLUM, J. Benzene exposure during tunnelling - Using biological monitoring to assess control measures and working practice. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 55, n. 3, p. 248-252, 2011. Disponível em: <https://academic.oup.com/annweh/article/55/3/248/150980>. Acesso em 24 mai. 2018.

KAUPPINEN, T.; UUKSULAINEN, S.; SAALO, A.; MÄKINEN, I. Trends of occupational exposure to chemical agents in Finland in 1950-2020. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 57, n. 5, p. 593-609, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23230130/>. Acesso em 18 ago. 2017.

LIßNER, L.; HAMBURG, K. Exposure to carcinogens and work-related cancer: A review of assessment methods European Risk Observatory Report European Agency for Safety and Health at Work European Agency for Safety and Health at Work Exposure to carcinogens and work-related câncer. **European Agency for Safety and Health at Work**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. Disponível em: <https://osha.europa.eu/en/publications/exposure-carcinogens-and-work-related-cancer-review-assessment-methods/view>. Acesso em 24 out. 2017.

LOVREGGIO, P.; BARBIERI, A.; CARRIERI, M.; SABATINI, L.; FRACASSO, M. E.; DORIA, D.; SOLEO, L. Validity of new biomarkers of internal dose for use in the biological monitoring of occupational and environmental exposure to low concentrations of benzene and toluene. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 83, n. 3, p. 341-356, mar. 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19830448/>. Acesso em 13 nov. 2017.

LOVREGGIO, P.; D'ERRICO, M. N.; FUSTINONI, S.; DRAGO, I.; BARBIERI, A.; SABATINI, L.; SOLEO, L. Biomarkers of internal dose for the assessment of environmental exposure to benzene. **Journal of Environmental Monitoring**, 2011. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2011/EM/c1em10512d#!divAbstract>. Acesso em 21 dez. 2017.

MARTINS, I.; SIQUEIRA, M. E. P. B. D. Determinação do ácido trans, trans-mucônico em urina: Validação de um método analítico por cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 38, n. 2, p. 205-213, jun. 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-93322002000200010&script=sci_abstract&lng=pt. Acesso em 31 ago. 2017.

MARTINS, I.; SIQUEIRA, M. E. P. B. D. Trans, trans-muconic acid in urine samples collected in three periods from benzene handling workers in a Brazilian refinery. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 40, n. 2, p. 197-202, jun. 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-93322004000200008. Acesso em 22 jan. 2016.

PAULA, F. C. S. D.; SILVEIRA, J. N.; JUNQUEIRA, R. G.; LEITE, E. M. ALVAREZ Assessment of urinary trans, trans-muconic acid as a biomarker of exposure to benzene. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 6, p. 780-785, dez. 2003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102003000600014. Acesso em 22 nov. 2015.

PORTENGEN, L. LINET, M.S, LI, G-L., LAN, Q., DORES, G.M., JI, BU-TIAN, HAYES, R.B., YIN, S., ROTHMAN, N., VERMEULEN, R. Retrospective benzene exposure assessment for a multi-center case-cohort study of benzene-exposed workers in China. **Journal of Exposure Science and Environmental**

Epidemiology, v. 26, n. 3, p. 334-340, ago. 2015. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/26264985>. Acesso em 22 jun. 2017.

SAKURAI, H. Quality assurance of biological monitoring in view of risk management. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 65, p. 577-582, 1993. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8406943/>. Acesso em 12 dez. 2016.

WEISEL, C. P. Benzene exposure: An overview of monitoring methods and their findings. **Chemical-Biological Interactions**, v. 184, n. 1-2, p. 58-66, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20056112/>. Acesso em 20 dez. 2015.

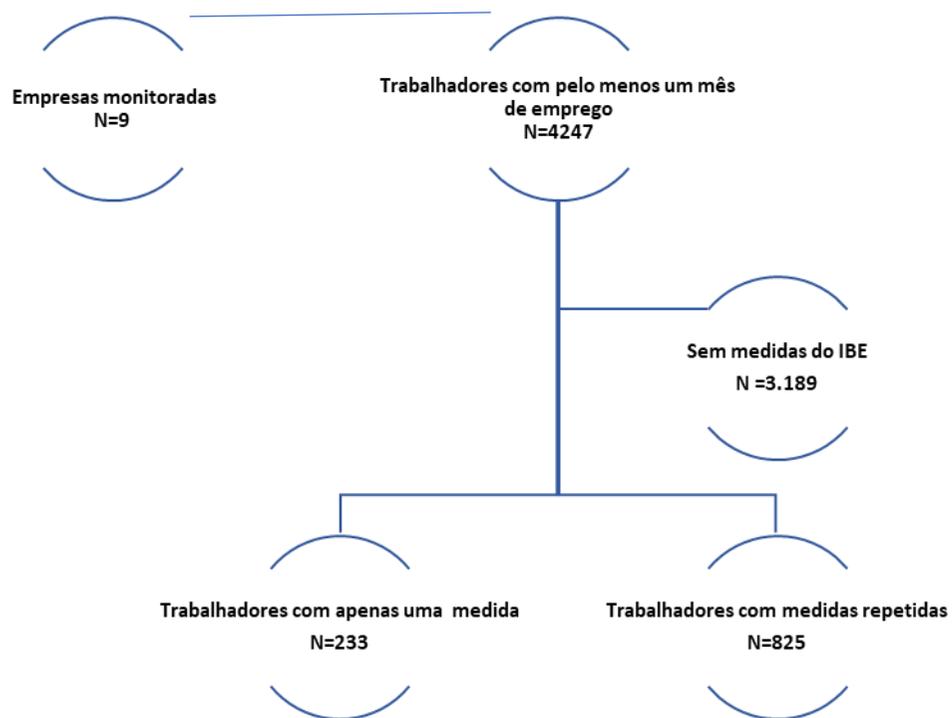
Figura 1. Estrutura da população do estudo

Tabela 1. Características da população do estudo na linha de base (2012), total e da amostra com medidas do IBE

Variáveis	Total		Com medidas de IBE	
	N= 3285	100,0%	N=469	100,0%
Sexo				
Masculino	2867	87,3	434	92,5
Feminino	418	12,7	35	7,5
Faixa etária (anos)				
18 – 29	446	13,6	70	14,9
30 -49	1844	56,1	337	71,8
>=50	995	30,3	62	13,2
Escolaridade				
Ensino fundamental	70	2,1	6	1,3
Ensino médio	992	30,2	185	39,4
Ensino superior	2159	66,7	276	58,8
Pós-graduação	64	1,9	2	0,4
Raça/cor				
Indígena	8	0,2	2	0,4
Branca	796	24,2	64	13,6
Preta	491	15,0	103	22,0
Amarela	37	1,1	4	0,8
Parda	1513	46,1	214	45,6
Não informada	440	13,4	82	17,5
Fumo*				
	n=585		n=370	
Sim	9	1,5	7	1,8
Não	548	93,7	340	91,8
Sem informação	28	4,7	23	6,2
Grupo de ocupação (CBO)				
1. Gerentes, dirigentes	80	2,4	1	0,2
2. Profissionais das ciências	538	16,4	8	1,7
3. Técnicos nível médio	931	28,3	118	25,2
4. Administrativos	181	5,5	4	0,8
5. Trab. de serviços	88	2,7	3	0,6
7. Trab. prod. Industrial 1	108	3,3	57	12,1
8. Trab. prod. industrial 2	1352	41,2	274	58,8
9. Manutenção	7	0,2	4	0,8
Tempo na empresa				
Até 12 meses	33	1,0	0	0,0
13 a 36 meses	90	2,1	0	0,0
37 a 60 meses	308	9,4	44	9,4
61 a 96 meses	378	11,5	76	16,2
>= 97 meses	2476	75,4	349	74,4

Fonte: – RAIS 2012; MT, bases de dados do PPEOB.

*Sem observações: 2700 (total 2012) e 99 (com medidas de IBE)

Tabela 2. Distribuição da proporção (%) de expostos (IBE \geq 0,5mg/g de creatinina), de acordo com o tipo de evolução da implantação do PPEOB, por empresa e ano/semestre. 2012 – 2017

GRAU DE EVOLUÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DO PPEOB 2000 E 2017, NAS EMPRESAS													
		Positivo em todas as dimensões e subdimensões avaliadas				Variável (estagnação, positivo e negativo)			Negativo em alguma subdimensão e positivo nas demais				
Empresa	Variável	C (N= 287) n (%)	D (N=82) n (%)	E (N=254) N (%)	H (1258) n (%)	A (N=150) n (%)	G (N=107) n (%)	I (124) n (%)	B (266) n (%)	F (1719) n (%)	n	TOTAL \geq 0,5	%
2012	1º. Sem	47(8,5)	31 (3,2)	64 (1,6)	98 (13,2)				12 (25,0)	170 (8,8)	422	37	8,8
	2º. Sem	7 (0,0)	40 (5,0)	-	-				40 (10,0)	167 (2,4)	254	10	4,0
2013	1º. Sem	58(0,0)	41 (0,0)	70 (2,8)	123 (12,2)				5 (20,0)	207 (7,2)	504	33	6,5
	2º. Sem	29(7,0)	39 (0,0)	-	-	1 (0,0)			13 (38,5)	208 (23,5)	290	56	19,3
2014	1º. Sem	62(1,6)	46 (0,0)	82(0,0)	99 (6,1)	2 (0,0)			7 (28,5)	243 (3,3)	541	17	3,1
	2º. Sem	30(6,7)	27 (0,0)	-	-	-			17 (0,0)	245 (6,9)	319	19	5,9
2015	1º. Sem	38(10,5)	52 (0,0)	91 (0,0)	168(2,4)	1 (0,0)			5 (0,0)	267 (1,5)	622	12	1,9
	2º. Sem	16(0,0)	50 (2,0)	-	-	8 (12,5)		7 (0,0)	18 (0,0)	269 (1,8)	368	7	1,9
2016	1º. Sem	44(0,0)	1 (0,0)	106 (1,0)	1 (0,0)	10 (0,0)	1 (0,0)	9 (0,0)	83 (0,0)	269 (2,6)	524	8	1,5
	2º. Sem	38 (2,6)	1 (0,0)	-	1 (0,0)	12 (0,0)	25 (28,0)	15 (6,7)	98 (0,0)	272 (0,4)	462	10	2,2
2017	1º. Sem	33 (0,0)	1 (0,0)	-	1 (0,0)	8 (0,0)	29 (10,3)	26 (0,0)	100 (0,0)	1 (0,0)	199	3	1,5
	2º. Sem	11 (0,0)	-	1 (0,0)	-	2 (0,0)	21 (0,0)	27 (0,0)	0 (0,0)	-	62	0	-

Fonte: – RAIS 2012; MT, bases de dados do PPEOB.

N= Total de trabalhadores na empresa (para o período de 2012 a 2017)

n = Total de medidas de IBE no ano/semestre

%= Proporção de resultados \geq 0,5mg/g de creatinina

Tabela 3. Distribuição das mensurações de IBE (Min. Máx. e amplitude) por empresas e grau de implantação do PPEOB

		Positivo em todas as dimensões e subdimensões avaliadas				Variado (estagnação, positivo e negativo)			Negativo em alguma subdimensão e positivo nas demais	
Empresa Variável		C	D	E	H	A	G	I	B	F
		Media (min - máx)	Media (min-máx)	Media (min - máx)	Media (min-máx)	Media (min máx)	Media (min-máx)	Media (min - máx)	Media (min - máx)	Media (min - máx)
2012	1º. Sem	0,17 (0,02-1,38)	0,10 (0,05-0,53)	0,16 (0,04-0,50)	0,35 (0,03-1,81)	-	-	-	0,38 (0,08-1,11)	0,17 (0,03-1,81)
	2º. Sem	0,20 (0,08-0,40)	0,11 (0,03-1,11)	-	-	-	-	-	0,20 (0,06-0,73)	0,13 (0,03-1,07)
2013	1º. Sem	0,09 (0,05-0,37)	0,10 (0,04-0,22)	0,15 (0,02-0,51)	0,25 (0,02-1,89)	-	-	-	0,38 (0,0-1,40)	0,16 (0,02-1,27)
	2º. Sem	0,14 (0,05-0,60)	0,12 (0,05-0,48)	-	-	-	-	-	0,37 (0,05-1,30)	0,31 (0,03-1,50)
2014	1º. Sem	0,10 (0,01-0,86)	0,12 (0,03-0,43)	0,15 (0,03-0,48)	0,18 (0,03-1,06)	0,28 (0,10-0,47)	-	-	0,29 (0,03-1,17)	0,17 (0,02-0,83)
	2º. Sem	0,15 (0,01-0,56)	0,09 (0,0-0,31)	-	-	0,10 (0,01-0,42)	-	-	0,13 (0,03-0,42)	0,22 (0,03-0,69)
2015	1º. Sem	0,18 (0,01-1,65)	0,14 (0,0-0,37)	0,14 (0,09-0,37)	0,16 (0,08-0,59)	-	-	-	0,19 (0,13-0,46)	0,15 (0,05-0,65)
	2º. Sem	0,15 (0,03-0,34)	0,11 (0,0-0,93)	-	-	0,28 (0,05-0,71)	-	0,08 (0,03-0,23)	0,12 (0,03-0,3)	0,15 (0,09-0,60)
2016	1º. Sem	0,09 (0,01-0,40)	-	0,15 (0,05-0,50)	-	0,10 (0,01-0,42)	-	0,14 (0,01-0,31)	0,05 (0,03-0,23)	0,17 (0,03-0,82)
	2º. Sem	0,14 (0,01-0,60)	-	-	-	0,14 (0,01-0,49)	0,30 (0,02-0,90)	0,08 (0,02-0,52)	0,05 (0,03-0,49)	0,16 (0,03-0,54)
2017	1º. Sem	0,13 (0,01-0,40)	-	-	-	0,09 (0,01-0,2)	0,22 (0,1-0,8)	0,04 (0,03-0,21)	0,06 (0,03-0,41)	-
	2º. Sem	0,10	-	-	-	-	0,19 (0,1-0,3)	0,06 (0,01-0,41)	-	-

-Fonte: – Bases de dados do PPEOB.

CONCLUSÕES

Nessa tese de doutorado buscou-se descrever os avanços no mundo e, no Brasil, dos efeitos das políticas de prevenção sobre a exposição ocupacional ao benzeno, em três estudos. Os achados permitiram verificar que:

1. Constata-se uma tendência linear no declínio das concentrações de benzeno, nos ambientes laborais dos países de alta renda, especialmente na América do Norte e Europa. Em países da Ásia, a tendência, apesar de em declínio, apresenta oscilações, inclusive em anos recentes. Não foram encontrados estudos de tendência em países da América do Sul;

2. Embora se verifique uma tendência de declínio, alguns estudos revelam níveis de exposição variáveis entre trabalhadores em um mesmo ambiente de trabalho e em empresas de um mesmo ramo de atividade;

3. A avaliação da implantação das regulamentações para prevenção da exposição ao benzeno em um grupo de empresas, no Brasil, mostrou que houve aumento na implantação, entre 2000 e 2017, em quase metade das empresas, ressaltando-se com maior expressão as Soluções tecnológicas. Todas as empresas apresentaram trabalhadores com exposição ao benzeno, avaliada pela proporção de resultados de AttM maiores ou iguais a 0,5mg/g de creatinina, com maiores proporções naquelas com grau de implantação negativo das regulamentações para a prevenção;

4. As limitações presentes nos três estudos, mas especialmente nos estudos 2 e 3, dificultaram resultados conclusivos e impedem sua extrapolação;

5. Considerando o cenário de escassez de informações e de ausência de disponibilidade de dados sobre exposição ocupacional ao benzeno e implantação de medidas de prevenção e controle e o fato de se tratar de um agente cancerígeno, para o qual não existem limites seguros, mesmo com limitações, os estudos aqui apresentados podem trazer contribuições valiosas no conhecimento da realidade e na discussão das políticas para a prevenção e controle dessa exposição e abrir caminhos para novas pesquisas que aprofundem o tema.

REFERÊNCIAS (citadas na INTRODUÇÃO)

BRASIL. Ministério do Trabalho. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 14, de 20 de dezembro de 1995**. Altera o item “substâncias cancerígenas” do anexo 13, da Norma Regulamentadora nº 15. Brasília, 1995. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=181411>. Acesso em 22 nov. 2015.

BRASIL - Ministério do Trabalho e Emprego. **Acordo sobre o benzeno. Série Convenções Coletivas sobre Segurança e Saúde**, v.8. Brasília: MTE, DSST, SIT, 2000.

BRASIL - Ministério do Trabalho e Emprego. **05 anos do Acordo do Benzeno - Resultados da auditoria em empresas da Bahia**. Gerência Regional do Trabalho de Camaçari, 2001a.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 34, de 20 de dezembro de 2001**. Institui o Protocolo para a utilização de Indicador Biológico de Exposição ao Benzeno. Brasília, 2001b. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=182693>. Acesso em 22 nov. 2015.

CAPLETON, A. C.; LEVY, L. S. An overview of occupational benzene exposures and occupational exposure limits in Europe and North America. **Chemico-Biological Interactions**. v. 153-154 , p. 43-53, mai. 2005. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15935799/>. Acesso em 24 set. 2017.

CORREIA, M. J. M.; SANTANA, V. S. Exposição ocupacional ao benzeno no Brasil: Estimativas baseadas em uma matriz de exposição ocupacional. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 32, n. 12, p. 1-11, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00129415>.

COSTA, D. F. **Prevenção da exposição ao benzeno no Brasil**. 2009, 184 f. Tese (Doutorado em Ciências) Departamento de Patologia - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5144. Acesso em 04 mar. 2015.

CREELY, K. S.; COWIE, H.; TONGEREN, M. Van; KROMHOUT, H.; TICKNER, J.; CHERRIE, J. W. Trends in inhalation exposure - A review of the data in the published scientific literature. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 51, n. 8, p. 665-678, nov. 2007. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17932083/>. Acesso em 08 dez. 2018.

HAVET, N.; PENOT, A.; MORELLE, M.; PERRIER, L.; CHARBOTEL, B.; FERVERS, B. Trends in occupational disparities for exposure to carcinogenic, mutagenic and reprotoxic chemicals in France 2003-10. **European Journal of Public Health**, v. 27, n. 3, p. 425-432, jun. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28379396/>. Acesso em 07 out. 2018.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. A review of human carcinogens: chemical agents and related occupations. **IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans**, Lyon, France, v. 100, p. 225-248, 2012. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/>. Acesso em 20 jan. 2019.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. **IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans**, Lyon, France, v. 120, 2017. Disponível em: <https://monographs.iarc.fr/>. Acesso em 20 jan. 2019.

KAUPPINEN, T.; UUKSULAINEN, S.; SAALO, A.; MÄKINEN, I. Trends of occupational exposure to chemical agents in Finland in 1950-2020. **Annals of Occupational Hygiene**, v. 57, n. 5, p. 593-609, jun. 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23230130/>. Acesso em 18 ago. 2017.

LIßNER, L.; HAMBURG, K. Exposure to carcinogens and work-related cancer: A review of assessment methods European Risk Observatory Report European Agency for Safety and Health at Work European Agency for Safety and Health at Work Exposure to carcinogens and work-related câncer. **European Agency for Safety and Health at Work**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014. Disponível em: <https://osha.europa.eu/en/publications/exposure-carcinogens-and-work-related-cancer-review-assessment-methods/view>. Acesso em 24 out. 2017.

WEISEL, C. P. Benzene exposure: An overview of monitoring methods and their findings. **Chemical-Biological Interactions**, v. 184, n. 1-2, p. 58-66, 2010. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20056112/>. Acesso em 20 dez. 2015.

WIJNGAARDEN, EDWIN VAN; STEWART, P.A. **Critical Literature Review of Determinants and Levels of Occupational Benzene Exposure for United States Community-Based Case-Control Studies**. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 18: 9, 678-693. <https://doi.org/10.1080/10473220301376>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12909536/>. Acesso em: 02/02/2019.