



Mutagênese em frentistas expostos ao benzeno: revisão integrativa

Letícia Gabriela Faustino Gusman ¹, Otávia Bettini Rodrigues Ferreira ², Pedro Henrique Vieira Correa ³, Renata Cristina de Oliveira Souza Castro⁴



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n10p1139-1156>

Artigo recebido em 8 de Setembro e publicado em 18 de Outubro de 2025

REVISÃO DA LITERATURA

RESUMO

A exposição ocupacional ao benzeno representa um grave risco à saúde dos frentistas de postos de combustíveis, devido ao seu potencial mutagênico e carcinogênico. Esse composto aromático pode causar alterações genéticas significativas, aumentando a incidência de leucemias e outros distúrbios hematológicos. Dessa forma, este estudo tem como objetivo conhecer os impactos mutagênicos causados pela inalação do benzeno em frentistas dos postos de combustíveis. A metodologia utilizada foi a revisão integrativa da literatura com busca sistemática de artigos científicos publicados entre 2006 e 2024 nas bases de dados Google Acadêmico, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), PubMed e Scielo. Os descritores utilizados foram “benzeno”, “mutagênese”, “frentistas” e “saúde ocupacional”, combinados com operadores booleanos. Foram considerados estudos empíricos e revisões que abordassem a toxicidade do benzeno, seus efeitos mutagênicos e as medidas de prevenção aplicáveis. A exposição ao benzeno ocorre majoritariamente pela inalação de vapores durante o abastecimento de veículos, o que favorece a absorção rápida da substância pelo organismo. O metabolismo gera metabólitos reativos, como o óxido de benzeno e a hidroquinona, que interagem com o DNA celular, promovendo mutações e danos cromossômicos. Além disso, evidências apontam para alterações epigenéticas induzidas pelo benzeno, como hipometilação do DNA e regulação anômala de micro RNAs, fatores que contribuem para a predisposição a doenças hematológicas. Diante disso, é essencial aprimorar as Políticas de Segurança ocupacional, merecendo atenção especial para a adequação do uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI). O monitoramento da exposição por biomarcadores pode detectar precocemente danos genéticos, permitindo ações preventivas. Concluiu-se que o benzeno é um agente mutagênico de alto risco, cuja exposição prolongada pode resultar em graves consequências para a saúde dos frentistas. Medidas de proteção, incluindo o uso obrigatório de EPIs adequados, monitoramento biológico e fiscalização rigorosa, são essenciais para reduzir os impactos dessa exposição. A conscientização e o treinamento dos trabalhadores sobre os riscos do benzeno também são fundamentais para minimizar os danos à saúde ocupacional.

Palavras-chave: Benzeno; Mutagênese; Frentistas; Saúde Ocupacional.

Mutagenesis in gas station attendants exposed to benzene: an integrative review

ABSTRACT

Occupational exposure to benzene poses a serious health risk to gas station attendants due to its mutagenic and carcinogenic potential. This aromatic compound can cause significant genetic alterations, increasing the incidence of leukemia and other hematologic disorders. Therefore, this study aims to analyze the mutagenic impacts caused by benzene inhalation on gas station attendants. The methodology used was an integrative literature review with a systematic search for scientific articles published between 2006 and 2024 in the Google Scholar, Virtual Health Library (VHL), PubMed, and Scielo databases. The descriptors used were "benzene," "mutagenesis," "gas station attendants," and "occupational health," combined with Boolean operators. Empirical studies and reviews addressing benzene toxicity, its mutagenic effects, and applicable preventive measures were considered. Exposure to benzene occurs primarily through the inhalation of vapors during fueling, which favors the rapid absorption of the substance by the body. Metabolism generates reactive metabolites, such as benzene oxide and hydroquinone, which interact with cellular DNA, promoting mutations and chromosomal damage. Furthermore, evidence points to benzene-induced epigenetic alterations, such as DNA hypomethylation and abnormal regulation of microRNAs, factors that contribute to a predisposition to hematologic diseases. Therefore, it is essential to improve occupational safety policies, with special attention being paid to the appropriate use of Personal Protective Equipment (PPE). Monitoring exposure using biomarkers can detect genetic damage early, enabling preventive measures. It was concluded that benzene is a high-risk mutagen, whose prolonged exposure can result in serious health consequences for gas station attendants. Protective measures, including mandatory use of appropriate PPE, biological monitoring, and rigorous inspection, are essential to reduce the impacts of this exposure. Worker awareness and training on the risks of benzene are also crucial to minimize occupational health damage.

Keywords: Benzene; Mutagenesis; Gas Station Attendants; Occupational Health

Instituição afiliada – UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA – UNOESTE JAÚ

Autor correspondente: *Letícia Gabriela Faustino Gusman* leticiaqusmann@gmail.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



INTRODUÇÃO

A saúde do trabalhador no Brasil começou a ser discutida com mais ênfase a partir do Movimento da Reforma Sanitária Brasileira, um marco que resultou na criação do Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho (Diesat) e de programas voltados especificamente para a saúde do trabalhador (FEITOSA, et al., 2022). Com a garantia constitucional, iniciou-se um processo de institucionalização dessa área, incluindo a criação da Rede Nacional de Atenção Integral à Saúde do Trabalhador (Renast) , que visa monitorar e proteger a saúde de trabalhadores expostos a riscos ocupacionais (BRASIL, 2006).

O campo da saúde do trabalhador é essencial para a análise e intervenção nas relações entre saúde, trabalho e ambiente. Esse campo é fundamental não apenas para compreender as condições de exploração no trabalho, mas também para defender a saúde dos trabalhadores, que muitas vezes enfrentam condições inadequadas e perigosas (HURTADO et al., 2022).

O uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) é fundamental para garantir a segurança dos trabalhadores, especialmente em ambientes de risco elevado. Diversas pesquisas destacam que, quando empregados de forma adequada, os EPIs podem reduzir consideravelmente os danos causados por acidentes de trabalho, doenças ocupacionais e lesões. Além do uso individual dos equipamentos, a conscientização dos trabalhadores e a realização de treinamentos são pontos cruciais para minimizar a exposição a riscos biológicos, químicos, físicos e mecânicos. A legislação brasileira, por meio da NR-6, exige que o empregador forneça os EPIs necessários, de acordo com os riscos presentes no ambiente de trabalho. A segurança no trabalho não depende apenas do uso de equipamentos, mas também da implementação de programas contínuos de prevenção e correção de riscos (FIGUEREDO et al., 2020).

A rotina dos frentistas de postos de combustível, por exemplo, envolve exposição frequente a substâncias químicas perigosas, principalmente o benzeno, um hidrocarboneto aromático presente em combustíveis. Essa substância é reconhecida pela sua alta toxicidade e potencial cancerígeno, com efeitos mutagênicos bem

documentados em estudos recentes . Esses trabalhadores estão constantemente expostos aos vapores do benzeno, sobretudo durante o abastecimento de veículos, o que representa uma ameaça constante à saúde devido à alta volatilidade e absorção rápida pela via respiratória. (SÁ FRAGOSO et al., 2024).

Em relação à aposentadoria, os frentistas, assim como outros trabalhadores expostos a condições perigosas, podem ter direito a uma redução no tempo de contribuição, conforme prevê a legislação brasileira. De acordo com o artigo 57 da Lei nº 8.213/1991, profissões que envolvem exposição a agentes insalubres ou perigosos, como é o caso de frentistas que trabalham diretamente com combustíveis, podem ter um tempo reduzido para aposentadoria, denominado aposentadoria especial. Essa redução no tempo de contribuição pode variar entre 5 a 15 anos, dependendo da atividade exercida e da exposição ao risco. Para ter direito a esse benefício, o trabalhador deve comprovar a atividade insalubre ou perigosa por meio de laudo técnico fornecido pelo empregador ou por um profissional habilitado. Além disso, é importante destacar que, conforme a reforma da Previdência, as regras para aposentadoria especial também passaram por mudanças, exigindo a comprovação mais rigorosa do tempo de exposição a riscos (BRASIL, 1991; FERLA et al., 2022).

O benzeno é amplamente utilizado na indústria e ocupa o terceiro lugar na produção petroquímica brasileira, estando presente em diversos produtos, incluindo combustíveis fósseis e até, historicamente, em produtos de consumo, devido ao seu aroma adocicado (CORDIANO et al., 2022).

Não há nível seguro de exposição ao benzeno, dado seu potencial genotóxico e carcinogênico. Por essa razão, agências internacionais, como a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), estabeleceram limites rigorosos para a exposição ocupacional ao benzeno, fixando em 0,5 mg/m³ a concentração máxima tolerável, medida que ainda enfrenta desafios na implementação no Brasil (LIMA et al., 2024).

Estudos recentes apontam que, ao ser metabolizado, o benzeno gera compostos altamente reativos, como o óxido de benzeno, que se liga ao DNA e a proteínas celulares, promovendo mutações genéticas e aumentando o risco de doenças graves, incluindo leucemia (ARM EL-SAYED et al., 2023).



A variabilidade dos danos genéticos causados pelo benzeno pode ser observada entre os trabalhadores, refletindo diferenças nas respostas enzimáticas e suscetibilidades individuais. Levantamentos apontam que frentistas brasileiros chegam a se expor a concentrações de benzeno que variam de 40 a 700 ppm, muito acima dos limites recomendados para segurança (FERLA et al., 2022).

O trabalho se justifica por fornecer uma visão abrangente dos principais achados recentes sobre o tema, discutir os riscos à saúde enfrentados por essa categoria profissional e sugerir medidas de proteção e regulamentação ocupacional que garantam a segurança desses trabalhadores.

OBJETIVO

Conhecer os impactos mutagênicos causados pela inalação de benzeno em frentistas de postos de combustíveis.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa. O delineamento da pesquisa foi realizado a partir da seleção de material bibliográfico publicado no Google Acadêmico e na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) que engloba os portais LILACS, SciELO, PubMed. Essas bases de dados oferecem uma ampla gama de periódicos acadêmicos revisados por pares, abrangendo diversas áreas do conhecimento.

Os descritores selecionados para a busca foram “ Benzeno; Mutagênese; Frentistas; Saúde Ocupacional”. Esses termos foram combinados utilizando operadores booleanos (OR e AND) para ampliar ou restringir os resultados conforme necessário.

A busca foi restrita aos anos de 2006 a 2024 para garantir a inclusão de estudos recentes e relevantes sobre o tema, onde foram selecionadas 30 publicações. Estas permitiram acessar as informações mais atualizadas disponíveis na literatura científica, porém, foram incluídos também dez estudos de anos distintos para complementar a discussão deste estudo.

A busca foi realizada utilizando os descritores e operadores booleanos definidos anteriormente em cada uma das bases de dados selecionadas. Foram exploradas as opções de busca avançada ou busca por palavras-chave para maximizar a precisão dos

resultados.

A seleção dos artigos considerados no presente trabalho ocorreu em três etapas.

1ª Etapa - Busca nas bases de dados.

2ª Etapa - Leitura dos títulos e resumos.

3ª Etapa - Houve a leitura na íntegra dos artigos.

Os resultados da busca foram analisados, considerando sua relevância para o tema da pesquisa, a qualidade dos estudos e a adequação aos critérios de inclusão estabelecidos. Os artigos selecionados foram então revisados em detalhes para extrair as informações necessárias para o estudo.

Este delineamento da pesquisa oferece uma estratégia sistemática e abrangente para identificar e selecionar estudos relevantes sobre a mutagênese em frentistas expostos ao benzeno, garantindo a obtenção de informações atualizadas e confiáveis para o desenvolvimento do conhecimento científico nessa área.

3.1 CRITÉRIO DE INCLUSÃO

Publicações dos últimos três anos, com ênfase no impacto mutagênico em frentistas de posto de combustível.

3.2 CRITÉRIO DE EXCLUSÃO

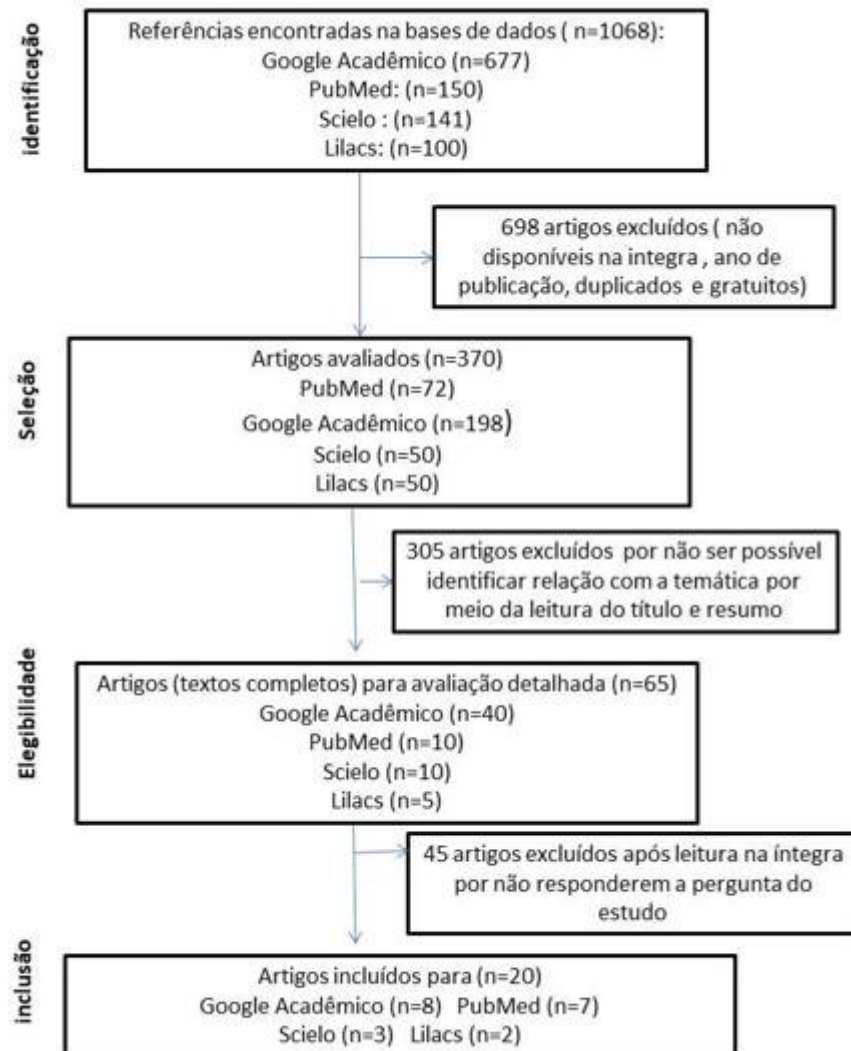
Publicações que não apresentam dados sobre os impactos mutagênicos causados pela inalação de benzeno em frentistas de postos de combustíveis.

Artigos duplicados e incompletos que não atendem aos critérios de pesquisa estabelecidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da busca bibliográfica foram inseridos em um diagrama representado pela figura 1.

Figura 1 - Diagrama mostrando as etapas da revisão integrativa da literatura (Fluxograma PRISMA, 2020).



MOHER, David et al. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Plos Medicine*, [s. l.], v. 6, 2009. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosmedicine/>. Acesso em: 30 mar. 2024.

Foram selecionados 20 artigos entre os anos de busca 2022-2024 e 10 artigos de diferentes anos de 2006 - 2022 utilizados para complementação da discussão deste estudo totalizando 30 artigos analisados.

O benzeno é um composto químico altamente perigoso, capaz de causar danos genéticos significativos, especialmente em trabalhadores expostos. O grupo mais prevalente é o dos frentistas de postos de combustíveis que enfrentam diariamente uma realidade desafiadora, marcada pela exposição constante a vapores dessa substância e ao grupo benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX). Essa exposição ocorre principalmente durante o abastecimento de veículos e pela presença contínua de

vapores no ambiente de trabalho. Apesar de existirem regulamentações e normas de segurança que deveriam protegê-los, ainda há muitas falhas na sua aplicação prática, deixando esses trabalhadores vulneráveis (SKAMVETSAKIS et al., 2017).

Os compostos de benzeno são metabolizados no fígado pelas enzimas CYP450, especialmente as isoformas CYP2E1 e CYP2B1. Elas convertem o benzeno em substâncias altamente reativas, como óxido de benzeno, fenol, hidroquinona e catecol. Esses subprodutos geram espécies reativas de oxigênio (ROS), que induzem estresse oxidativo que atacam o DNA das células humanas, causando mutações, clivagem de fitas do material genético e outras alterações prejudiciais que danificam diretamente as células e tecidos (EMMANUEL et al., 2024).

Esses metabólitos, em especial as quinonas, são especialmente danosos porque afetam diretamente a estrutura genética. Eles inibem a topoisomerase II, uma enzima crucial para a manutenção da estabilidade genética. Isso leva a alterações cromossômicas que são frequentemente associadas a neoplasias malignas (BUS et al., 2022).

Quando o benzeno interage com o DNA, ele pode formar ligações químicas diretas, chamadas aduto. Quando formadas, essas ligações atrapalham o processo de replicação e transcrição genética causando um defeito na fita formada. Além disso, o sistema natural de reparo genético pode falhar ao corrigir esses danos, deixando mutações permanentes que podem desencadear patologias (NAGARAJU et al., 2022).

De acordo com a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC), o benzeno é classificado como carcinógeno do Grupo 1. As principais condições associadas à exposição são Leucemias Mieloides Agudas (LMA) e leucemia não linfóide, síndromes mielodisplásicas, aplasia medular e redução de células sanguíneas (MOZZONI et al., 2023).

Outra consequência preocupante são as alterações epigenéticas que o benzeno pode causar, como a metilação de genes que consiste em uma modificação covalente do DNA na qual um grupamento metil (CH₃) é transferido da S-adenosilmetionina para o carbono 5 de uma citosina. A Hipometilação global do DNA está associada diretamente à desregulação de genes supressores de tumor (OLIVEIRA, 2010).

Outra alteração que pode ser encontrada é a modificação de histonas tornando

genes acessíveis ou inacessíveis para transcrição. Estudos demonstram que o benzeno além de alterar os processos de formação de DNA, alteram a expressão de miRNAs que são importantes na regulação de apoptose e proliferação celular, incluindo miR-34a, miR-221 e miR-222 (MAYER A et al., 2022).

Quando esses genes são "desligados", o organismo fica ainda mais vulnerável aos danos genéticos, agravando os riscos à saúde, especialmente em trabalhadores expostos por longos períodos (IANNACCONE et al., 2024).

Nem todas as pessoas expostas ao benzeno apresentam os mesmos níveis de danos. Isso ocorre porque a genética de cada indivíduo desempenha um papel importante. Polimorfismos em genes como CYP2E1, GSTT1 e GSTM1 podem aumentar ou diminuir a capacidade do organismo de metabolizar e neutralizar os efeitos do benzeno. Pessoas com variantes deletadas desses genes, por exemplo, acumulam mais metabólitos tóxicos no corpo e, como resultado, apresentam mais danos ao DNA, como quebras e formação de micronúcleos (VERMA et al., 2022).

Com isso, trabalhadores com maior susceptibilidade genética têm mais chances de desenvolver problemas de saúde relacionados à exposição ao benzeno, como leucemias e outros cânceres hematológicos (KEBAMO et al., 2024).

É essencial monitorar os trabalhadores expostos a esses agentes químicos, utilizando biomarcadores como frequência de micronúcleos e níveis de transmuconato (t,t-MA) e s-fenilmercaptúrico (S-PMA), são essenciais para identificar precocemente os impactos da exposição ao benzeno. Infelizmente, esses testes ainda não fazem parte da rotina de muitas empresas, o que impede a detecção precoce de danos à saúde (SOKAN-ADEAGA et al., 2023).

Os marcadores biológicos têm características passíveis de avaliação e de medida, indicadoras de processos biológicos normais ou patogênicos, exposições ocupacionais e ambientais, ou resposta farmacológica a uma intervenção terapêutica (ESHKOOR et al., 2024).

O biomarcador ideal deve reunir as seguintes características: alta especificidade para o efeito de interesse; refletir o efeito desde o início; ser passível de determinação; ser analisado por técnica não invasiva; ter alta sensibilidade no fluido/matriz biológico escolhido. Isso ajuda a identificar precocemente possíveis alterações genéticas e



permite intervenções antes que os danos se tornem irreversíveis (SANTOS et al., 2017).

Além disso, a conscientização sobre os riscos do benzeno é indispensável, assim como fornecer equipamentos de proteção adequados e melhorar as condições de trabalho desses profissionais. Essas medidas não só protegem a saúde dos trabalhadores, mas também previnem problemas à longo prazo que podem ser devastadores tanto para os indivíduos quanto para o Sistema de Saúde (MORO et al., 2024).

A rotina de trabalho dos frentistas, em geral, ocorre em ambientes abertos e com ventilação insuficiente, o que aumenta a inalação de vapores perigosos. Além disso, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) muitas vezes é inadequado ou negligenciado. Uniformes básicos são fornecidos, mas itens fundamentais como máscaras e luvas, que poderiam reduzir significativamente a exposição, são raramente utilizados. Essa combinação de fatores aumenta os riscos de problemas de saúde, desencadeando sintomas clínicos inespecíficos da exposição como cefaleia, náuseas, tontura, confusão mental e irritação de vias aéreas (MORAES et al., 2016).

Em longo prazo os efeitos crônicos começam a alterar resultados de exames, apresentando hematotoxicidade e imunotoxicidade como anemias, leucopenia, trombocitopenia e supressão da resposta imune (LAMATTINA et al., 2024).

No Brasil, as normas regulamentadoras, como a Norma Regulamentadora (NR) NR-9 e a NR-15, foram criadas para minimizar os impactos da exposição a agentes químicos, como o benzeno, nos ambientes de trabalho. Essas normas exigem a avaliação de riscos, o controle da exposição e o cumprimento de limites estabelecidos para a segurança dos trabalhadores. (BRASIL, 2006).

No entanto, na prática, a fiscalização é insuficiente e muitos empregadores falham em implementar as medidas de proteção exigidas. A falta de treinamento adequado é outro ponto crítico: muitos frentistas não recebem informações claras sobre os riscos associados ao benzeno e sobre como se proteger de forma eficiente (CAMPOS et al., 2017).

Embora algumas iniciativas, como campanhas educativas e inspeções por órgãos reguladores, sejam promissoras, ainda há muito a ser feito para melhorar a segurança da categoria. A falta de conscientização sobre a importância do uso correto dos EPIs e a

alta rotatividade de trabalhadores no setor dificulta a criação de uma cultura de segurança sólida. Por outro lado, investir em treinamentos regulares, fornecer equipamentos mais eficientes e adequados e reforçar a fiscalização pode transformar significativamente essa realidade. (SILVA et al., 2021).

Estudos afirmam que esta realidade quando relatam poucos trabalhadores da categoria têm pleno conhecimento sobre os benefícios que podem acessar o que se deve em parte à falta de conscientização e de fiscalização adequada. É fundamental que os frentistas recebam informações claras sobre seus direitos e que sejam orientados sobre como comprovar o tempo de serviço em condições perigosas, para garantir que usufruam da aposentadoria especial quando cumprirem os requisitos (MENDES et al., 2017).

Programar mudanças práticas é indispensável, preferencialmente, que priorizem a saúde e a segurança do público alvo. A melhoria das condições de trabalho, aliada a um acompanhamento mais rigoroso por parte das autoridades, é essencial para reduzir os riscos de exposição. Além de prevenir doenças graves, essas medidas contribuem para promover a qualidade de vida dos trabalhadores que, diariamente, enfrentam riscos em sua profissão (AMR EL-SAYED et al., 2023).

Reduzir a exposição nos ambientes de trabalho e proteger a saúde dos trabalhadores é uma questão urgente e complexa, especialmente em setores como os postos de combustíveis, onde a exposição é constante. Embora existam normas regulamentadoras para limitar os riscos, muitas vezes não são aplicadas de forma eficiente. Para enfrentar esse desafio, é essencial adotar uma abordagem prática e integrada que combine conscientização, estrutura adequada e fiscalização rigorosa (MENDES et al., 2017).

Uma das estratégias mais eficazes para reduzir os riscos começa com a educação. Treinamentos regulares e bem planejados são fundamentais para informar os trabalhadores sobre os perigos associados ao benzeno e sobre como se proteger. Esses programas precisam abordar desde os efeitos à saúde até a importância de práticas seguras no dia a dia, como evitar a inalação direta de vapores e usar corretamente os equipamentos de proteção individual (EPIs). (LAMATTINA et al., 2024)

Além disso, é indispensável garantir que os EPIs sejam de alta qualidade e

adequados às necessidades específicas dos frentistas. Máscaras com filtros apropriados para vapores orgânicos e luvas resistentes ao contato com combustíveis são exemplos de equipamentos que podem reduzir significativamente a exposição. No entanto, para que sejam eficazes, é crucial que os trabalhadores sejam treinados sobre o uso correto desses dispositivos e que os empregadores ofereçam suporte contínuo para sua utilização (MOURA-CORREA et al., 2017).

O tempo de trabalho dos frentistas, especialmente no que diz respeito à aposentadoria, envolve questões importantes relacionadas à insalubridade e periculosidade. A profissão de frentista, por ser exposta ao manuseio de combustíveis e outros agentes químicos, é classificada como uma atividade de risco (VALENTE et al., 2017).

De acordo com a legislação brasileira, os trabalhadores que atuam em condições perigosas podem ter direito a uma aposentadoria especial, que reduz o tempo necessário de contribuição. Isso significa que, ao contrário de outras profissões, o frentista pode se aposentar mais cedo, desde que consiga comprovar a exposição aos riscos (PERES, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O benzeno é um composto altamente tóxico, associado a danos genéticos, epigenéticos e hematológicos, especialmente em frentistas expostos diariamente em postos de combustíveis. Apesar das regulamentações, a aplicação insuficiente das normas e o uso inadequado de EPIs aumentam os riscos à saúde desses profissionais.

Seus metabólitos reativos causam mutações, alterações epigenéticas e promovem doenças graves, como leucemias. A vigilância contínua, com biomarcadores para detecção precoce, é essencial.

Para reduzir os riscos, é necessário investir em educação sobre segurança, EPIs adequados, melhorias no ambiente de trabalho e fiscalização rigorosa. Essas medidas são cruciais para preservar a saúde e a dignidade dos trabalhadores expostos.

Além das ações individuais, é necessário olhar para o ambiente de trabalho como um todo. A reestruturação dos postos de combustíveis para incluir sistemas de ventilação eficientes pode reduzir a concentração de vapores no ar, enquanto



tecnologias como sistemas de abastecimento automático podem limitar o contato direto dos frentistas com os combustíveis. Essas mudanças estruturais, embora demandem investimentos iniciais, têm um impacto significativo na redução dos riscos em longo prazo.

Por fim, uma fiscalização mais rigorosa por parte das autoridades reguladoras é essencial para garantir que as normas de segurança sejam cumpridas. Empresas que não fornecem condições adequadas de trabalho devem ser responsabilizadas, e campanhas de inspeção podem servir tanto para identificar falhas quanto para orientar empregadores sobre práticas mais seguras.

Proteger os trabalhadores expostos ao benzeno exige um esforço conjunto entre empregadores, trabalhadores e órgãos fiscalizadores. Combinando educação, infraestrutura adequada, monitoramento regular e fiscalização efetiva, é possível reduzir os riscos de forma significativa. Além de preservar a saúde desses profissionais, essas ações contribuem para um ambiente de trabalho mais seguro e digno, refletindo um compromisso com a qualidade de vida e o bem-estar de todos os envolvidos.

REFERÊNCIAS

AMR EL-SAYED; LOTFI ALEYA; KAMEL, M. Epigenetics and the role of nutraceuticals in health and disease. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 11, p. 28480–28505, 25 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. **Risco químico: atenção à saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno** / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. – Brasília : Editora do Ministério da Saúde, 2006.

BUS, J. S.; GOLLAPUDI, B. B.; HARD, G. C. Methyl-tert-butyl ether (MTBE): integration of rat and mouse carcinogenicity data with mode of action and human and rodent bioassay dosimetry and toxicokinetics indicates MTBE is not a plausible human carcinogen. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B**, v. 25, n. 4, p. 135–161, 15 mar. 2022.



CAMPOS, A G. **Análise da atividade do frentista diante do perigo da exposição ao benzeno/** Adriana Guerra Campos. — Recife: [s. n.], 2017.

CORDIANO, R, PAPA V, CICERO N, SPATARI G, ALLEGRA A, GANGEMI S. Effects of Benzene: Hematological and Hypersensitivity Manifestations in Resident Living in Oil Refinery Areas. **Toxics**, v. 10, n. 11, p. 678, 9 nov. 2022.

EMMANUEL, A A; ZAHEER, A N; WALTON, C. Exposure to benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene (BTEX) at Nigeria's petrol stations: a review of current status, challenges and future directions. **Frontiers in public health**, v. 12, 25 mar. 2024.

ESHKOOR, S. A.; FANIJAVADI, S. The environmental impact on aging: Insights from buccal mucosa and molecular biomarkers. **Gene & Protein in Disease**, v. 0, n. 0, p. 4418–4418, 23 out. 2024.

FEITOSA, P. A.; PEREIRA, M. E. N.; MELO, J. D. G.. Toxicidade do benzeno em frentistas de postos revendedores de combustíveis. **Scire Salutis**, v.12, n.1, p.55-61, 2022.

FERLA, L. G.; ROCHA, G. H. O.; OLIVEIRA, R. T. D.; BARIONI, E. D. Percepção sobre o risco de intoxicações por combustíveis automotivos em frentistas. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, v. 20, n. 3, p. 422–429, 2022.

FIGUEIREDO, V. O.; CARVALHO, L. V. B.; BORGES, R. M.; AMARAL, I. C. C.; SANTOS, M. V. C.; ROSA, A. C. S.; MENEZES, M. A. C; MATTOS, R. C. O. C.; SARCINELLI, P. N.; ALVES, S. R.; LARENTIS, A. L.; GONÇALVES, A. S. Avaliação da exposição a BTEX em postos de revenda de combustíveis no Rio de Janeiro, Brasil, e os riscos à saúde do trabalhador. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, n. 11, 2021.

HURTADO, S. L. B.; SIMONELLI, A. P.; MININEL, V. A.; ESTEVES, T. V.; VILELA, R. A. G.; NASCIMENTO, A. Políticas de saúde do trabalhador no Brasil: contradições históricas e possibilidades de desenvolvimento. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, p. 3091–3102, 22 jul. 2022.

IANNACCONE, P. M.; RYZNAR, R. J.; VAN, L. J. Genetics, Epigenetics, and the Environment: Are



Precision Medicine, Provider Compassion, and Social Justice Effective Public Health Measures to Mitigate Disease Risk and Severity? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 21, n. 11, p. 1522–1522, 16 nov. 2024.

LIMA, S. SANTIAGO F, SILVESTRE RT, ELEXIAS SRV, ORNELLAS MH, CARVALHO MMR. Recent Advances in Biomonitoring of Gas Station Workers: A Systematic Review. *Asian Pacific journal of cancer prevention* : **APJCP**, v. 25, n. 10, p. 3439–3445, jan. 2024.

LAMATTINA, A A; MORAIS, R C R. **Segurança esauúde notrabalhoguia práticopara técnicos.-** Formiga (MG): Editora MultiAtual, 2024. 164, 2024. DOI:10.5281/zenodo.10932499.

MOURA-CORREA, M. J.; LARENTIS, A. L. Exposição ao benzeno no trabalho e seus efeitos à saúde. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. suppl 1, 18 dez. 2017

MORAES, S.; LIÊTA, C.; MANUEL, J. Condições de trabalho dos frentistas de postos de combustíveis no município de Cruz das Almas - BA. **Textura**, v. 9, n. 16, p. 89–97, 2016.

MORO, A. M.; BRUCKER, N.; GOETHEL, G.; FLESCHE, I.; NASCIMENTO, S.; CHARÃO, M.; GAUER, B.; SAUER, E.; CESTONARO, L. V.; VIÇÓZZI, G. P.; GIODA, A.; PIERRE, T. D. S.; ARBO, M. D.; GARCIA, I.; CATTANI, S. A.; PETRECELLI, R. R.; MARTINS, M. O.; GARCIA, S. C. **The Influence of Blood Titanium Levels on DNA Damage in Brazilian Workers Occupationally Exposed to Different Chemical Agents. Biological Trace Element Research**, 18 dez. 2024.

MAYER, A.; MISKELLY, G. A review on the current methods of methamphetamine remediation, their limitations, and chemical degradation techniques that have been investigated. **Forensic Chemistry**, v. 27, p. 100399, mar. 2022.

MENDES, M.; MACHADO, J. M. H.; DURAND, A.; COSTA-AMARAL, I. C.; VALENTE, D.; GONÇALVES, E. S.; ARCURI, A. S. A.; TREVISAN, E. A.; SARCINELLI, P. N.; LARENTIS, A. L.; MOURA-CORREA, M. J.; ANDRÉ, L. C. Normas ocupacionais do benzeno: uma abordagem sobre o risco e exposição nos postos de revenda de combustíveis. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. suppl 1, 2017.



MOZZONI, P. et al. Benzene Exposure and MicroRNAs Expression: In Vitro, In Vivo and Human Findings. **Int J Environ Res Public Health**. v. 20, n. 3, p. 1920–1920, 20 jan. 2023.

NAGARAJU, R. KALAHASTHI R, BALACHANDAR R, BAGEPALLY BS. Association between lead exposure and DNA damage (genotoxicity): systematic review and meta-analysis. **Archives of Toxicology**, 5 ago. 2022.

OLIVEIRA, N F P; PLANELLA, A C; ANDIA, DC; PARDA, A P S. Metilação de DNA e Câncer. **Revista Brasileira de Cancerologia**; 56 (4): 493-499, 2010.

PERES, J R V. A APOSENTADORIA ESPECIAL POR EXPOSIÇÃO A AGENTES NOCIVOS COMO ELEMENTO DO MEIO AMBIENTE LABORAL EQUILIBRADO. Porto Alegre, **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2022.

SÁ FRAGOSO, F C. Riscos da exposição ocupacional crônica ao benzeno e suas principais consequências para a saúde dos frentistas em postos revendedores de combustíveis. **Revista Eletrônica da Estácio Recife**, [S. l.], v. 10, n. 1, 2024.

SANTOS, M. V. C. DOS FIGUEIREDO, V. O., ARCURI, A. S. A., COSTA-AMARAL, I. C., GONÇALVES, E. S., & LARENTIS, A. L. Aspectos toxicológicos do benzeno, biomarcadores de exposição e conflitos de interesses. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. suppl 1, 4 dez. 2017.

SKAMVETSAKIS, A. SANTI, R., ROCHA, L. H. P. da, BRETTAS, F. Z., FAGUNDES, P. de S., & MOURA-CORREA, M. J. Exposição ao benzeno em postos de combustíveis: estratégia de ações integradas de Vigilância em Saúde do Trabalhador na região dos Vales/RS. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, n. suppl 1, 4 dez. 2017.

SOKAN-ADEAGA, A. A; SOKAN-ADEAGA MA, SOKAN-ADEAGA ED, OPARAJI AN, EDRIS H, TELLA EO, BALOGUN FA, ALEDEH M, AMUBIEYA OE. Environmental toxicants and health adversities: A review on interventions of phytochemicals. **Journal of Public Health Research**, v. 12, n. 2, p. 22799036231181226, 29 jun. 2023.

KEBAMO T; YEMANE T, ARKEW M, WALANO GA, TANTU A, ABOSE A, HAILE K, BAWORE SG, KIYA



GT.Hematological Parameters of Gasoline Station Workers at Hosanna Town, Southwest Ethiopia: A Comparative Cross-Sectional Study. **Journal of Blood Medicine**, v. Volume 15, p. 21–28, 1 jan. 2024.

VERMA, N. PANDIT S, GUPTA PK, KUMAR S, KUMAR A, GIRI SK, YADAV G, PRIYA K. Occupational health hazards and wide spectrum of genetic damage by the organic solvent fumes at the workplace: A critical appraisal. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 21, p. 30954–30966, 31 jan. 2022.

VALENTE, D. COSTA-AMARAL, I. C., CARVALHO, L. V. B. de ., SANTOS, M. V. C. dos ., CASTRO, V. S. de ., RODRIGUES, D. del R. F., FALCO, A. D., SILVA, C. B., NOGUEIRA, S. M., GONÇALVES, E. S., MOREIRA, J. C., ANDRÉ, L. C., TEIXEIRA, L. R., SARCINELLI, P. de N., SISENANDO, H. A., OLIVEIRA, M. S. de ., PERINI, J. A., MATTOS, R. de C. O. da C., & LARENTIS, A.Utilização de biomarcadores de genotoxicidade e expressão gênica na avaliação de trabalhadores de postos de combustíveis expostos a vapores de gasolina. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 42, 10 abr. 2017.