

Parecer Técnico Regulamentação da Exposição ao Benzeno

O Centro de Estudo da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana- Cesteh da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca- Ensp da Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz é referência, teórica e prática, em ensino, pesquisa e serviços de assistência, no campo da Saúde do Trabalhador e Ambiente, para a rede pública, assim como para os trabalhadores e suas organizações, respeitando os seguintes valores:

- Reconhecimento dos trabalhadores como sujeitos do saber e da experiência para transformação do trabalho e da defesa coletiva da saúde.
- Compreensão da centralidade da categoria trabalho na determinação social do processo saúde-doença.
- Defesa incondicional do SUS e da RENAST (Rede Nacional de Saúde do Trabalhador), já que se constituem como patrimônio do povo brasileiro e resultado das conquistas históricas dos movimentos sociais.

Sendo assim, faz parte da nossa missão contribuir para os debates públicos que propiciem a criação e fortalecimento de estratégias de intervenção, assim como, proposição e avaliação de políticas públicas, no campo da Saúde do Trabalhador e Ambiente.

O Cesteh tem um longo histórico de produção acadêmica na exposição ao benzeno colaborando com a formulação de normas e regulamentos que assegurem a saúde de forma digna, respeitando a integridade dos trabalhadores e trabalhadoras.

Este Parecer Técnico visa contribuir para a revisão das Normas Reguladoras especialmente ao que diz respeito a Exposição ao Benzeno.

O QUE É BENZENO?

O benzeno é um dos blocos construtores mais importantes na indústria química devido à sua versatilidade e capacidade de formar uma ampla gama de compostos. Em 2013, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente declarou o benzeno como quinto produto orgânico mais usado em todo o mundo e, entre as sete matérias primas mais utilizadas em outras produções^{1,2}. Como um dos principais insumos químicos da indústria, exerce um impacto econômico significativo e de amplo alcance. O benzeno também está presente em vapores de gasolina e escapamentos de veículos, ganhando também uma dimensão ambiental e expondo as populações em geral^{3,4}.

Devido a sua toxicidade, o benzeno repercute fortemente sobre a saúde humana, particularmente na qualidade de vida de trabalhadores potencialmente expostos. Em 1982, após revisar estudos epidemiológicos, bioensaios de câncer animal e outras evidências científicas, a Agência Internacional de Pesquisas sobre o Câncer (IARC) da Organização Mundial da Saúde (OMS), reconheceu o benzeno como cancerígeno, especialmente para tumores do sistema hematopoiético classificando-o no grupo 1, de substâncias comprovadamente cancerígenas para humanos^{5,6}.

Seguindo o mesmo posicionamento, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US EPA), após revisão das Diretrizes de Avaliação de Risco de 1986, também reconheceu o benzeno como um carcinógeno humano (Categoria A), com base em evidências científicas categóricas de estudos em humanos e animais⁷.

Atualmente, o benzeno está entre as seis primeiras substâncias listadas como sendo prioritárias pela ATSDR (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry*)⁸, devido a sua ampla utilização industrial e seus efeitos tóxicos à saúde.

COMO SE DÁ A EXPOSIÇÃO NO AMBIENTE DE TRABALHO?

O benzeno caracteriza-se por ser um solvente volátil e, evapora rapidamente, tornando sua inalação a via de absorção mais comum de exposição. Entretanto, o benzeno também pode ser absorvido, em menor proporção, pela pele durante o contato direto com líquidos que contêm benzeno, como em tarefas de amostragem, carregamento, limpeza ou manutenção.

Trabalhadores de indústrias, de refino de petróleo, fabricação de produtos químicos e produção de borracha possuem maior risco de exposição e adoecimento^{9,10}.

Liberações acidentais de benzeno durante o transporte, armazenamento ou manuseio podem levar a uma exposição dérmica e respiratória significativa. Medidas de segurança adequadas e planos de resposta a emergências são cruciais para minimizar riscos^{9,10}. No Brasil, estima-se aproximadamente 770.000 trabalhadores expostos ao benzeno em 2016¹²

CÂNCERES E DOENÇAS HEMATOLÓGICAS RELACIONADAS AO BENZENO

A exposição prolongada ao benzeno pode levar a sérios problemas de saúde, estando associada desde a alteração da produção das células sanguíneas pela medula óssea e a um risco maior de desenvolver diferentes tipos de cânceres, principalmente, leucemia mieloide aguda (LMA). Os efeitos à saúde causados pela exposição prolongada ao benzeno envolvem hematotoxicidade, genotoxicidade e carcinogenicidade, ou seja, a capacidade de causar danos no sistema hematopoiético, no DNA e no desenvolvimento de câncer.^{6,9,10} A hematotoxicidade induzida pelo benzeno é caracterizada por significativa redução das contagens das células sanguíneas (glóbulos brancos e glóbulos vermelhos) como:

- Anemia aplástica:^{6,11}
- Pancitopenia:^{6,11}

Essa hematotoxicidade também está associada ao risco de desenvolver malignidade hematológica, ou seja, câncer no sistema hematopoiético. Os principais tipos de cânceres associados à exposição ao benzeno são:

- Leucemia Mieloide Aguda ⁴.
- Leucemia Linfocítica Aguda ^{6,12,13}.
- Leucemia Linfocítica Crônica ¹³
- Leucemia monocítica e leucemia de tipo celular não especificado¹³
- Mieloma Múltiplo ¹³
- Linfoma Não-Hodgkin ^{14,15}.

As estimativas de período de latência, que corresponde ao período entre a exposição à substância tóxica e o aparecimento da doença, variam amplamente para diferentes malignidades. O período de latência para o desenvolvimento de leucemia levar aproximadamente 10 anos ^{16,17}. Um estudo na China, envolvendo mais de 28 mil trabalhadores expostos a benzeno revelou que o tempo de aparecimento da leucemia é de cerca de 11,4 anos, predominando o tipo agudo¹⁸.

Lista de Doenças Relacionadas ao Trabalho (LDRT) atualizada em 2023¹⁹. Benzeno em atividades de trabalho: C34 Neoplasia maligna dos brônquios e dos pulmões; C82 Linfoma não-Hodgkin, folicular (nodular); C83 Linfoma não-Hodgkin difuso; C84 Linfomas de células T cutâneas e periféricas; C85 Linfoma não-Hodgkin de outros tipos e de tipo não especificado; C91 Leucemia linfocítica; C92 Leucemia mieloide; C93 Leucemia monocítica; C94 Leucemias de células de tipo especificado, outras; C95 Leucemia de tipo celular não especificado; D46 Síndromes Mielodisplásicas; D59.4 Anemias hemolíticas não-autoimunes, outras; D61.2 Anemia Aplástica devida a outros agentes externos; D61.9 Anemia aplástica não especificada; D69 Púrpura e outras afecções hemorrágicas; D70 Agranulocitose; D72.8 Transtornos especificados dos glóbulos brancos, outros; L24.2 Dermatite de Contato por Irritantes devida a Solventes; N97 Infertilidade Feminina; T52.1 Efeito tóxico do benzeno. Benzeno em atividades de trabalho (derivados nitrados e aminados): D59 Anemia hemolítica adquirida; D59.2 Anemia hemolítica não-autoimune induzida por drogas; D74 Metemoglobinemia

CONTEXTUALIZAÇÃO DOS LIMITES DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL (LEO)

Os limites de exposição ocupacional (LEO) (do inglês, *Occupational Exposure Limits* - OELs) vem sendo utilizados no processo de higienização industrial para identificação e quantificação de substâncias tóxicas e no gerenciamento do risco em casos de exposição humana. Os valores do LEO dependem dos resultados da avaliação de riscos e dos processos de gerenciamento dos riscos para cada substância, no ar, e podem ser categorizados de acordo com o tempo permitido de exposição, como por exemplo, limite de exposição - média ponderada por tempo (do inglês, *Threshold Limit Value - Time-Weighted Average* - [TLV-TWA]); limite de exposição de curto prazo (do inglês, *Threshold Limit Value - Short Term Exposure Limit* - [TLV-STEL]); limite de exposição de superfície (do inglês, *Threshold Limit Value -surface limit* [TLV-SL]); e limite de exposição teto (do inglês, *Threshold Limit Value -ceiling* [TLV-C])²⁰.

Um Limite de exposição é um valor no qual acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar repetidamente exposta a determinado agente, dia após dia, durante toda a vida de trabalho, sem sofrer efeitos adversos à saúde. Os limites de exposição são estabelecidos por um conselho de especialistas, após consideração de fortes evidências científicas de estudos toxicológicos e epidemiológicos para cada agente específico. Os limites de exposição, ou limiares ou *thresholds* não representam uma linha divisória entre um ambiente de trabalho saudável e não saudável, ou um ponto no qual ocorrerá um dano à saúde. É importante ressaltar que são usados termos cautelosos, como “acredita-se” e “maioria”. Alguns trabalhadores podem apresentar efeitos adversos ou até doenças mais sérias quando expostos a substâncias químicas em concentrações iguais ou até mesmo inferiores aos limites de exposição.

A partir de 1938, com a formação da Conferência Nacional de Higienistas Industriais Governamentais (*National Conference of Governmental Industrial Hygienists*), mais tarde chamada de Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists* - ACGIH), esses TLV passaram a ser emitidos anualmente e utilizados como recomendações para o estabelecimento dos LEO nos Estados Unidos e em diversos outros países²¹.

Organização Mundial da Saúde

A Organização Mundial da Saúde (OMS) afirma que para a exposição ao benzeno pelo ar nenhum nível seguro pode ser recomendado. A exposição humana ao benzeno tem sido associada a uma série de efeitos adversos e a doenças relacionadas a exposições agudas e de longo prazo, incluindo câncer e efeitos hematológicos²².

Comunidade Europeia

A comunidade europeia, em sua diretiva 431, revista em 2022²³, estabelece critérios e limites para a exposição a agentes cancerígenos ou mutagênicos no ambiente de trabalho. Nesta última revisão foi adicionado o termo “substância tóxicas para reprodução”, que são substâncias capazes de provocar efeitos adversos na função sexual e fertilidade de homens, mulheres e seus dependentes e tem como principal premissa aumentar o olhar protetivo da resolução sobre a saúde dos trabalhadores. Este documento estabelece valores limite para a exposição à benzeno que devem servir como orientação, sendo os estados membros livres para a escolha de valores mais restritivos²³. Esta diretiva também reconhece que a maioria dos agentes cancerígenos não possui limites seguros de exposição, que não causem efeitos adversos à saúde. E que a função da adoção desses níveis para exposição no local de trabalho, embora não eliminem os riscos, ajudam a reduzi-los, utilizando uma abordagem progressiva e baseada em metas.

Conforme esta abordagem, a meta, da diretiva 431 para o limite de exposição prolongada (média ponderada) de 1 ppm até abril de 2024 foi reduzida a 0,5 ppm até abril de 2026, quando enfim, será obedecida a meta de 0,2 ppm²³.

Estados Unidos da América – ACGIH

Funcionando como fonte de consulta para higienistas ocupacionais em diversos países (inclusive o Brasil), a ACGIH realizou importante revisão acerca dos níveis de benzeno em ambientes de trabalho. Em sua edição de 2024, a partir de revisão atualizada, modificou o valor do TLV-TWA para 0,02 ppm e extinguiu o TLV-STEL. Isto é, retirou a

recomendação de uma exposição elevada (2,5 ppm) por um período de 15 minutos. Além disso, a lista de doenças que fundamentaram a construção do TLV foi ampliada para Síndrome Mielodisplásica, Leucemia Mieloide Aguda, efeitos hematológicos e danos cromossômicos. Essa redução nos níveis não só destaca a importância da revisão contínua dos dados científicos ao longo do tempo, mas também reconhece o risco significativo decorrente dessa exposição.

LUTA DOS TRABALHADORES E O VALOR DE REFERÊNCIA TECNOLÓGICA (VRT) NO BRASIL

A luta histórica dos trabalhadores é contada a seguir, com trechos do texto “Comissão Nacional Permanente do Benzeno (CNPBz) – Um breve histórico”²⁴ de autoria da pesquisadora Arline Sydneia Abel Arcuri, retirado do site “Vigilância da Exposição ao Benzeno”.

“Em 1932, uma legislação regulava as condições de trabalho das mulheres nos estabelecimentos industriais e comerciais, que culminou na proibição destas em realizar atividades laborais insalubres e perigosas com Benzeno. Em 1939, uma Portaria Ministerial no SCM 51 MTIC cria o quadro de substâncias insalubres (dentre as quais o Benzeno), cuja manipulação ou atividades com elas, passa a conferir o direito ao adicional de insalubridade. Outras regulações foram estabelecidas ao longo desse tempo.

A intoxicação de 100 trabalhadores, em 1973, com 4 óbitos, em uma empresa de colagem de peças plásticas, por imersão em benzeno, causou mobilização e, a partir de desse evento, a Fundacentro passou a se preocupar com os níveis de benzeno nos solventes comuns, com o envolvimento, principalmente, da química Tereza Carlota Pires Novais, que fez um estudo sobre o teor de benzeno em amostras de Thinner.[...]” (p.1)

“Em 1984, o Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil de Santos, SP, comprova também a ocorrência da intoxicação em trabalhadores de manutenção e montagem industrial. As denúncias assumiram repercussão nacional, e, um após outro, foram sendo detectados novos casos em empresas onde este agente podia estar presente: siderúrgicas, petroquímicas, indústrias

químicas, refinarias de petróleo, usinas produtoras de álcool anidro. De 1983 a 1992 ocorreu o afastamento de mais de 2.000 trabalhadores na COSIPA.[...]" (p.2)

"Em São Paulo, no ano de 1988, o DIESAT organiza o Seminário "Leucopenia: Morte Lenta", do qual participaram 21 sindicatos dos ramos petróleo, petroquímico, químico, siderúrgico, construção civil, dentre outros, de todo o país. Como resultado foi criada a Campanha Nacional que procurava articular diversas experiências e ações no âmbito institucional e no interior das empresas. [...]" (p.3)

"A publicação do livro "Insalubridade Morte Lenta no Trabalho", em 1989, lançado pelo DIESAT, que registra parte dessas experiências, difundiu ainda mais pelo país as estratégias sindicais utilizadas. E, em 1991, a INST/CUT cria a "Operação Caça Benzeno", com a participação de vários sindicatos de diversos estados; quando foi produzido farto material de divulgação. Essa operação foi desencadeada após a morte de dois trabalhadores do Polo Petroquímico de Camaçari (NITROCARBONO) por Benzenismo, sendo um deles o próprio Médico do Trabalho. [...]" (p.3)

"A Resolução SS-184, de 08/06/93, pode ser considerada uma das primeiras experiências brasileiras com participação "tripartite" (representação de trabalhadores, empregadores e governo), além de outros participantes, na elaboração de normas técnicas em segurança e saúde do trabalhador. Essa "Norma Técnica de Diagnóstico e Controle da Exposição ao Benzeno" foi elaborada pelo Centro de Vigilância Sanitária da Secretaria de Estado de Saúde do Estado de São Paulo e introduz vários conceitos importantes: reconhece o benzeno como cancerígeno; afirma que a reversão do quadro hematológico periférico para valores considerados "normais" do indivíduo não significa "estado de cura" e não exclui a possibilidade de evolução para hemopatias malignas tardias; coloca a restrição do benzeno para fins que não sejam os de participação como componente de síntese químicas (indústria de transformação); define critérios claros e precisos para implantação de Programas de Prevenção das Exposições ao Benzeno; introduz aspectos de diagnóstico médico, periciais previdenciários e preventivos da exposição ao benzeno; etc. 10/03/1994, a Portaria nº 3, na qual o benzeno é inserido no Anexo 13 da NR 15 como substância cancerígena. Essa portaria estabelecia: benzeno é cancerígeno, nenhuma exposição é permitida, utilização em sistema

hermético, situação de risco grave e eminente, 90 dias para adequação, cai o uso do fenol urinário como indicador de exposição.[...]" (p.4)

POR QUE CONTINUAR COM O VRT NO BRASIL?

No Brasil, foram estabelecidos valores Limites de Tolerância (LT), através dos Anexos 11 e 12 da Norma Regulamentadora nº15 do Ministério do Trabalho e Emprego²⁵. Entretanto, para a exposição ao benzeno, tendo em vista a dificuldade técnica para impedir toda exposição a benzeno, foi adotado o Valor de Referência Tecnológico (VRT). Desta forma, não se excluiu o risco causado à saúde humana dos trabalhadores expostos nesse mesmo ambiente mesmo estabelecendo um valor ambiental, assumido legalmente, em termos de vigilância sanitária.

Os LEO (Limites de Exposição Ocupacional), proposto na revisão da NR, correspondem a valores regulamentares que indicam níveis de exposição considerados "seguros" (com base na saúde) para uma substância química no ar de um local de trabalho.

O cerne da questão é que o estabelecimento do LEO não assume a possibilidade de efeitos tardios crônicos como os cânceres, ou seja, considera que a concentração de benzeno no ar estando abaixo dos limites recomendados os trabalhadores não adoecerão, o que no caso de substâncias carcinogênicas, não é verdadeiro.

Os valores de TLV, **nos quais são baseados os LEO**, se referem a concentrações das substâncias químicas no ar e representam condições sob as quais supostamente se acredita que quase todos os trabalhadores podem ser repetidamente expostos, dia após dia, ao longo da vida profissional, sem efeitos adversos para a saúde.

Entretanto, a própria ACGIH afirma que os valores de TLV destinam-se a ser usados apenas como **diretrizes** ou **recomendações** para auxiliar na avaliação e controle de potenciais riscos à saúde humana nos locais de trabalho, **não podendo ser utilizados** para nenhum outro uso como, por exemplo, avaliar ou controlar a poluição do ar de comunidades; estimar o potencial tóxico de exposições contínuas e ininterruptas ou outros períodos de trabalho prolongados; provar ou refutar uma doença ou condição física existente em um indivíduo. Além disso, **os TLV não constituem linha tênue entre**

condições seguras e perigosas e não devem ser utilizados por ninguém que não tenha formação na disciplina de higiene industrial²⁶. A própria ACGIH reconhece o caráter não normativo e não legal de suas recomendações de uso prático para higienistas ocupacionais e não recomenda o seu uso como tal. A instituição ressalva ainda que, embora em algumas situações, organizações possam complementar seus programas de segurança e saúde ocupacional, a aplicação desses guias para outras populações e outras condições de exposição ultrapassa a confiabilidade da base de dados dos TLV²⁶.

No Brasil, a Norma Regulamentadora nº 15, em seu anexo 13A, estabelece o Valor de Referência Tecnológico (VRT) para a concentração de benzeno no ar. Este valor é utilizado para estabelecer um padrão de concentração de substâncias perigosas no ar, tecnicamente viável de ser alcançado, garantindo que seja um limite prático e aplicável na realidade das indústrias tecnicamente viável de ser alcançado²⁵. É definido através de uma negociação tripartite, envolvendo representantes do governo, empregadores e trabalhadores. O objetivo principal do VRT é reduzir os riscos de exposição a substâncias perigosas, mesmo que não elimine completamente esses riscos. Ele serve como uma referência obrigatória para as empresas, ajudando a minimizar os efeitos adversos à saúde dos trabalhadores e promovendo um ambiente de trabalho menos nocivo²⁵.

Para empresas que realizam atividades envolvendo benzeno ou misturas líquidas contendo 1% ou mais de benzeno em volume, o VRT é de 1,0 ppm (ou 3,19 mg/m³). Já para empresas siderúrgicas, o valor definido é de 2,5 ppm (ou 7,98 mg/m³)²⁵.

O VRT é obrigatório e assume que sua aplicação não elimina o risco da exposição ao benzeno. Em outras palavras, adotar o VRT não garante níveis seguros de exposição para a saúde dos trabalhadores²⁵. Ele serve como uma referência obrigatória para as empresas, ajudando a minimizar os efeitos adversos à saúde dos trabalhadores e promovendo um ambiente de trabalho menos nocivo.

É importante destacar que o benzeno é um agente químico comprovadamente carcinogênico para humanos (classificado no Grupo 1 pela IARC). Portanto, não existe um limite seguro de exposição, e o contato com essa substância deve ser evitado sempre que possível^{3,5,27}. Neste sentido, a atual NR 15 em seu anexo 13A já faz esse alerta em seu item 6.1²⁵.

A elaboração do VRT é um processo que além da negociação tripartite também é embasado na análise técnica sobre sua adoção, nos estudos científicos atuais e na sua regulamentação. Assim, é resultado de um processo longo de discussão para que seja adotado um valor equilibrado na proteção da saúde dos trabalhadores e viável para as empresas que o praticam. É importante ressaltar que estes valores precisam sempre ser revisados e analisados criticamente ao longo do tempo à luz de novas evidências científicas sólidas, com auxílio da medicina e nos dados toxicológicos e epidemiológicos buscando a proteção da saúde dos trabalhadores.

A seriedade das doenças hematológicas e tipos de câncer promovidos pela exposição a benzeno, ainda que a baixas concentrações, torna imperativo a mitigação desses riscos. Por esta razão os locais de trabalho implementam várias medidas de controle, incluindo ventilação adequada, equipamento de proteção individual (EPI), monitoramento regular dos níveis de benzeno e adesão aos regulamentos e diretrizes de segurança.

Frente a gravidade dos riscos de exposição ao benzeno e, o imenso número de trabalhadores e trabalhadoras potencialmente expostos, a medida de mitigação mais significativa é **a eliminação ou a redução da exposição ao benzeno a níveis tão próximos a zero quanto seja possível** se alcançar com a melhor capacidade de engenharia e tecnologia que cada época possa assegurar. Desta forma, é imperativo que o valor de referência tecnológico, seja constantemente revisto e reduzido, garantindo a minimização de riscos de exposição e a máxima proteção dos trabalhadores, com a melhor condição tecnológica disponível.

RECOMENDAÇÕES

1. Premência em reestabelecer a Comissão Nacional Permanente do Benzeno de forma a preservar as representações de governo, trabalhadores e empregadores, objetivando a ampliação do debate interinstitucional.
2. A Comissão Nacional Permanente do Benzeno, uma vez reestabelecida, deve concentrar-se exclusivamente no benzeno, garantindo avanços direcionados e impedindo retrocessos na saúde do trabalhador exposto a benzeno.
3. Manutenção do Anexo 13A na NR-15, que estabelece o benzeno como cancerígeno para o qual não existe limite seguro de exposição;
4. Manutenção do Valor de Referência Tecnológico (VRT) pois foi resultado de uma negociação tripartite e considerado como referência para os programas de melhoria contínuas das condições dos ambientes de trabalho, ainda que não excluindo o risco à saúde. Pois não existe limite seguro de exposição;
5. Preservar as normas e diretrizes legais já existentes que visem garantir as condições de saúde no trabalho. Impedir retrocessos legais na pactuação pela vida, recusando acordos que priorizem a produção com detrimento da saúde do trabalhador.
6. Fomentar o debate científico e estudos epidemiológicos para o conhecimento da realidade do trabalhador brasileiro exposto a benzeno.
7. Revisões regulares dos valores de VRT para as indústrias siderúrgicas e dos demais setores.
8. Promover continuamente o controle das exposições, no sentido de buscar tecnologias mais adequadas para reduzir e evitar a exposição do trabalhador ao benzeno, apoiado em evidências científicas.
9. Garantir o controle de exposições pela fiscalização do cumprimento das normas vigentes quanto a exposição ambiental e biológica de trabalhadores expostos a benzeno.
10. Atuação transparente e informativa e participativa dos trabalhadores da condição de exposição e riscos.
11. Reconhecer e defender a manutenção do VRT no Brasil pois representa um avanço na saúde do trabalhador, além de valorizar a participação social histórica no regramento do benzeno no Brasil.
12. Promover continuamente todos os esforços possíveis para preservar e manter a saúde do trabalhador e da trabalhadora, com base no princípio da precaução, não apenas a curto prazo, mas buscar garantir um trabalho digno com integridade e respeito.

REFERÊNCIAS

1. Benzeno. Instituto Nacional de Câncer - INCA. Accessed August 29, 2024. <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/solventes/benzeno>
2. Madsen K, Quiblier P. *GCO, Global Chemicals Outlook: Towards Sound Management of Chemicals*. (Kemf E, ed.). United Nations Environment Programme; 2013. Accessed August 29, 2024. http://web.unep.org/chemicalsandwaste/sites/unep.org.chemicalsandwaste/files/publications/GCO_web.pdf
3. IARC. *Benzene*. Accessed September 6, 2024. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Benzene-2018>
4. Sun Q, Wang B, Xu S, Cong X, Pu Y, Zhang J. Research development and trends of benzene-induced leukemia from 1990 to 2019-A bibliometric analysis. *Environ Sci Pollut Res*. 2022;29(7):9626-9639. doi:10.1007/s11356-021-17432-3
5. Humans IWG on the E of CR to. 1. Exposure Data. In: *Benzene*. International Agency for Research on Cancer; 2018. Accessed May 26, 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK550161/>
6. IARC. *Benzene*. Accessed December 1, 2023. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Benzene-2018>
7. US EPA O. Supporting Documents for Benzene (Cancer). March 28, 2014. Accessed August 31, 2024. <https://www.epa.gov/iris/supporting-documents-benzene-cancer>
8. Substance Priority List | ATSDR. October 18, 2023. Accessed August 29, 2024. <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html>
9. Benzene | Public Health Statement | ATSDR. Accessed August 31, 2024. <https://wwwn.cdc.gov/TSP/PHS/PHS.aspx?phsid=37&toxid=14>
10. Benzene - Evaluating Exposure | Occupational Safety and Health Administration. Accessed August 31, 2024. <https://www.osha.gov/benzene/exposure-evaluation>
11. Exposure to benzene: a major public health concern. Accessed September 1, 2024. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.2>
12. IJERPH | Free Full-Text | Leukemia Mortality among Benzene-Exposed Workers in Brazil (2006–2011). Accessed September 1, 2024. <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/13/6314>
13. Stenehjem JS, Kjærheim K, Bråtveit M, et al. Benzene exposure and risk of lymphohaematopoietic cancers in 25 000 offshore oil industry workers. *Br J Cancer*. 2015;112(9):1603-1612. doi:10.1038/bjc.2015.108

14. Rana I, Dahlberg S, Steinmaus C, Zhang L. Benzene exposure and non-Hodgkin lymphoma: a systematic review and meta-analysis of human studies. *The Lancet Planetary Health*. Published online August 25, 2021. doi:10.1016/S2542-5196(21)00149-2
15. Liu Y, Wang J. Benzene exposure increases the risk of non-Hodgkin's lymphoma: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Translational Cancer Research*. 2022;11(6). doi:10.21037/tcr-22-1434
16. Finkelstein MM. Leukemia after exposure to benzene: temporal trends and implications for standards. *Am J Ind Med*. 2000;38(1):1-7. doi:10.1002/1097-0274(200007)38:1<1::aid-ajim1>3.0.co;2-9
17. Richardson DB. Temporal variation in the association between benzene and leukemia mortality. *Environ Health Perspect*. 2008;116(3):370-374. doi:10.1289/ehp.10841
18. Yin SN, Li GL, Tain FD, et al. Leukaemia in benzene workers: a retrospective cohort study. *Br J Ind Med*. 1987;44(2):124-128. Accessed August 31, 2024. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1007793/>
19. Nacional I. PORTARIA GM/MS Nº 1.999, DE 27 DE NOVEMBRO DE 2023 - DOU - Imprensa Nacional. Accessed September 6, 2024. <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-1.999-de-27-de-novembro-de-2023-526629116>
20. Nikfar S, Malekirad AA. Occupational Exposure Limits. In: Wexler P, ed. *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*. Academic Press; 2014:637-640. doi:10.1016/B978-0-12-386454-3.00639-4
21. Growing for You. ACGIH. Accessed September 6, 2024. <https://www.acgih.org/growing-for-you/>
22. WHO-CED-PHE-EPE-19.4.2-eng.pdf. Accessed September 11, 2024. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329481/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.2-eng.pdf?sequence=1>
23. *Diretiva (UE) 2022/431 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de março de 2022 que altera a Diretiva 2004/37/CE relativa à proteção dos trabalhadores contra riscos ligados à exposição a agentes cancerígenos ou mutagénicos durante o trabalho*. Vol 088.; 2022. Accessed September 6, 2024. <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/431/oj/por>
24. Comissão Nacional Permanente do Benzeno (CNPBz) – Um breve histórico | Benzeno. Accessed September 9, 2024. <https://benzeno.ensp.fiocruz.br/comissao-nacional-permanente-do-benzeno-cnpbz-um-breve-historico>
25. Norma Regulamentadora No. 15 (NR-15). Ministério do Trabalho e Emprego. Accessed September 6, 2024. <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-15-nr-15>

26. TLV Chemical Substances Introduction. ACGIH. Accessed September 6, 2024.
<https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/tlv-chemical-substances-introduction/>
27. *IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans*.
International Agency for Research on Cancer; 1987.