

EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A ANTINEOPLÁSICOS: IMPACTOS À SAÚDE DO PROFISSIONAL FARMACÊUTICO

Thamires Laeny de Lucena Xavier¹

Vanessa Silva de Almeida²

Eullália Gonçalo das Neves e Silva³

Ermeson Moraes dos Santos⁴

RESUMO: A terapêutica antineoplásica constitui um dos principais pilares do tratamento do câncer, sendo amplamente utilizada em hospitais e clínicas oncológicas. Entretanto, esses medicamentos apresentam propriedades citotóxicas, mutagênicas, carcinogênicas e teratogênicas, representando riscos aos profissionais envolvidos em seu preparo, manipulação e descarte. Nesse contexto, o farmacêutico está sujeito à exposição ocupacional, tornando necessária a adoção de medidas preventivas. O estudo teve como objetivo analisar os impactos da exposição ocupacional a antineoplásicos na saúde do profissional farmacêutico, identificando as vias de exposição, os possíveis agravos e as medidas de biossegurança aplicáveis. Trata-se de uma revisão de literatura, descritiva, com abordagem qualitativa, realizada mediante buscas de artigos publicados entre 2020 e 2026 nas bases SciELO, PubMed e LILACS, utilizando descritores relacionados aos antineoplásicos, à exposição ocupacional, à biossegurança e à saúde do trabalhador. Os resultados evidenciaram associação entre a exposição a esses medicamentos e efeitos genotóxicos, citotóxicos, alterações reprodutivas, danos celulares e possíveis toxicidades sistêmicas. Destacaram-se fármacos como ciclofosfamida, ifosfamida, metotrexato, 5-fluorouracil, doxorubicina e epirrubicina. Conclui-se que a exposição ocupacional constitui um risco relevante à saúde dos farmacêuticos, exigindo equipamentos de proteção adequados, capacitação contínua e cumprimento rigoroso dos protocolos de biossegurança para prevenir agravos e promover a segurança dos trabalhadores.

Palavras-chave: Câncer. Biossegurança. Farmacêutico.

¹ Graduanda em Farmácia pelo Centro Universitário de Patos (UNIFIP).

² Doutora em Tecnologias Energéticas e Nucleares pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professora do Centro Universitário de Patos (UNIFIP).

³ Mestre em Ciências Farmacêuticas pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Professora do Centro Universitário de Patos (UNIFIP).

⁴ Mestre em Ciência e Saúde Animal pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor do Centro Universitário de Patos (UNIFIP).

ABSTRACT: Antineoplastic therapy is one of the main pillars of cancer treatment and is widely used in hospitals and oncology clinics. However, these drugs exhibit cytotoxic, mutagenic, carcinogenic, and teratogenic properties, posing risks to professionals involved in their preparation, handling, and disposal. In this context, pharmacists are susceptible to occupational exposure, making preventive measures essential. This study aimed to analyze the health impacts of occupational exposure to antineoplastic drugs among pharmacists, identifying exposure routes, potential health hazards, and applicable biosafety measures. This is a descriptive literature review with a qualitative approach, conducted through searches for articles published between 2020 and 2026 in the SciELO, PubMed, and LILACS databases, using descriptors related to antineoplastic drugs, occupational exposure, biosafety, and occupational health. The results revealed an association between exposure to these drugs and genotoxic and cytotoxic effects, reproductive alterations, cellular damage, and potential systemic toxicity. The drugs highlighted included cyclophosphamide, ifosfamide, methotrexate, 5-fluorouracil, doxorubicin, and epirubicin. It is concluded that occupational exposure represents a significant health risk for pharmacists, requiring appropriate personal protective equipment, continuous training, and strict compliance with biosafety protocols to prevent adverse health effects and promote worker safety.

Keywords: Câncer. Biosafety. Pharmaceutical.

RESUMEN: La terapia antineoplásica constituye uno de los principales pilares del tratamiento del cáncer y se utiliza ampliamente en hospitales y clínicas oncológicas. Sin embargo, estos medicamentos presentan propiedades citotóxicas, mutagénicas, carcinogénicas y teratogénicas, lo que representa riesgos para los profesionales involucrados en su preparación, manipulación y eliminación. En este contexto, los farmacéuticos son susceptibles a la exposición ocupacional, por lo que resulta esencial adoptar medidas preventivas. Este estudio tuvo como objetivo analizar los impactos de la exposición ocupacional a medicamentos antineoplásicos en la salud del profesional farmacéutico, identificando las vías de exposición, los posibles daños a la salud y las medidas de bioseguridad aplicables. Se trata de una revisión bibliográfica descriptiva, con enfoque cualitativo, realizada mediante búsquedas de artículos publicados entre 2020 y 2026 en las bases de datos SciELO, PubMed y LILACS, utilizando descriptors relacionados con los antineoplásicos, la exposición ocupacional, la bioseguridad y la salud laboral. Los resultados evidenciaron una asociación entre la exposición a estos medicamentos y efectos genotóxicos y citotóxicos, alteraciones reproductivas, daños celulares y posibles toxicidades sistémicas. Entre los fármacos destacados se encuentran la ciclofosfamida, la ifosfamida, el metotrexato, el 5-fluorouracilo, la doxorubicina y la epirubicina. Se concluye que la exposición ocupacional representa un riesgo significativo para la salud de los farmacéuticos, por lo que se requieren equipos de protección adecuados,

capacitación continua y cumplimiento riguroso de los protocolos de bioseguridad para prevenir daños y promover la seguridad laboral.

Palabras clave: Câncer. Bioseguridad. Farmacéutico.

INTRODUÇÃO

A terapêutica antineoplásica representa um dos principais pilares no tratamento do câncer, sendo amplamente utilizada em hospitais, clínicas oncológicas e centros especializados. Entretanto, os medicamentos antineoplásicos são classificados como fármacos potencialmente perigosos em razão de suas propriedades citotóxicas, mutagênicas, carcinogênicas e teratogênicas, o que implica riscos não apenas aos pacientes, mas também aos profissionais de saúde envolvidos em seu preparo, manipulação, administração e descarte (Alexandre, 2024).

Na atual assistência oncológica, observa-se um aumento progressivo da complexidade terapêutica, com a incorporação de novos protocolos quimioterápicos, associações medicamentosas e terapias personalizadas e individualizadas. Esse avanço, embora represente importante ganho para o prognóstico dos pacientes, amplia também a frequência e a intensidade da manipulação de agentes antineoplásicos nos serviços de saúde. Inserido nesse cenário, o farmacêutico assume posição estratégica no preparo e na garantia da qualidade dessas terapias, permanecendo rotineiramente exposto a substâncias classificadas como perigosas (Paula *et al.*, 2022).

O profissional farmacêutico, especialmente no contexto da farmácia hospitalar e oncológica, desempenha papel fundamental na validação de prescrições, no preparo de quimioterápicos, no controle de qualidade e na orientação da equipe multiprofissional. No Brasil, órgãos reguladores como o Instituto Nacional de Câncer (INCA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelecem normas técnicas e diretrizes para a manipulação segura desses medicamentos, incluindo o uso de cabines de segurança biológica, equipamentos de proteção individual (EPIs) e protocolos específicos de biossegurança (Dos Santos Oliveira *et al.*, 2023).

A Resolução número 640 de 2017 do Conselho Federal de Farmácia (CFF) dispõe sobre as atribuições do farmacêutico na manipulação de medicamentos antineoplásicos, estabelecendo que essa atividade é de competência privativa deste profissional. A resolução reforça a responsabilidade técnica do farmacêutico no preparo seguro das formulações, na supervisão dos

procedimentos e na garantia do cumprimento das normas de segurança. Dessa forma, o arcabouço legal vigente reconhece a complexidade e os riscos inerentes à manipulação de antineoplásicos, ao mesmo tempo em que atribui ao farmacêutico papel central na promoção de práticas seguras e na proteção da saúde ocupacional no contexto da terapia oncológica (Praxedes, Dos Santos *et al.*, 2025).

No âmbito normativo brasileiro, a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) número 220 de 2004 estabelece o Regulamento Técnico para o funcionamento dos Serviços de Terapia Antineoplásica, definindo critérios mínimos relacionados à infraestrutura física, organização dos serviços, recursos humanos, armazenamento, preparo, transporte e administração de medicamentos antineoplásicos.

Essa normativa tem como finalidade assegurar a qualidade da assistência e a segurança tanto do paciente quanto dos profissionais envolvidos, determinando a adoção de boas práticas de manipulação, controle de qualidade e medidas rigorosas de biossegurança nos ambientes destinados ao preparo desses fármacos (Vilar *et al.*, 2025).

A exposição contínua a medicamentos antineoplásicos e a elevada responsabilidade técnica envolvida em seu preparo podem gerar tensão psicológica, estresse ocupacional e desgaste emocional no profissional farmacêutico. Assim, a proteção desse trabalhador deve ser compreendida no âmbito da saúde ocupacional, demandando a implementação de estratégias preventivas permanentes, monitoramento sistemático do ambiente laboral e investimento contínuo em capacitação e educação em biossegurança (Holanda, Dos Santos 2023).

A exposição ocupacional a medicamentos antineoplásicos constitui uma preocupação relevante no ambiente da farmácia oncológica, considerando o potencial citotóxico e genotóxico dessas substâncias e os riscos associados às diferentes etapas de seu manejo. A manipulação, o preparo, o armazenamento e o descarte desses medicamentos podem favorecer a exposição dos profissionais. Faz-se o seguinte questionamento: quais são os impactos da exposição ocupacional a medicamentos antineoplásicos na saúde do profissional farmacêutico e quais medidas de biossegurança e estratégias de prevenção podem ser adotadas para minimizar esses riscos no ambiente da farmácia oncológica?

Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar os impactos da exposição ocupacional a medicamentos antineoplásicos na saúde do profissional farmacêutico, considerando os principais fatores de risco relacionados ao manejo desses medicamentos, as

medidas de biossegurança e as estratégias de prevenção utilizadas no ambiente da farmácia oncológica. A relevância da pesquisa está na possibilidade de contribuir para o fortalecimento das práticas de segurança ocupacional, a prevenção de riscos e a adoção de medidas que favoreçam condições de trabalho mais seguras, promovendo maior proteção à saúde dos profissionais envolvidos no manejo de antineoplásicos.

MÉTODOS

Tratou-se de um estudo de revisão de literatura, de caráter descritivo e abordagem qualitativa, que teve por objetivo analisar as evidências científicas acerca da exposição ocupacional a medicamentos antineoplásicos, com ênfase nos riscos à saúde do profissional farmacêutico, nos possíveis efeitos decorrentes do contato com esses agentes e nas medidas de biossegurança adotadas para prevenir ou reduzir os danos ocupacionais. A pesquisa foi realizada nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Biblioteca Virtual em Saúde (BVS) e PubMed., sendo os estudos selecionados e analisados no período de fevereiro a abril de 2026.

5

Segundo Gil (2025), a pesquisa qualitativa busca compreender a realidade em sua complexidade, valorizando os significados, as experiências e as percepções dos sujeitos e dos fenômenos estudados. Dessa forma, o presente trabalho não se restringiu à quantificação dos dados, mas procurou interpretar as práticas inclusivas e suas implicações no cotidiano escolar, à luz dos fundamentos teóricos e legais que sustentam a educação inclusiva. A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida com base em materiais já publicados, como livros, artigos científicos, dissertações, leis e documentos institucionais.

A população do estudo foi constituída por seis artigos publicados nos idiomas português e inglês, obtidos nas bases de dados anteriormente mencionadas. Para a seleção da amostra, foram utilizadas palavras-chave baseadas nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), sendo elas: “antineoplásicos”, “riscos ocupacionais” e “farmacêutico”. A amostra foi composta pelos artigos que se enquadraram nos critérios previamente estabelecidos para a pesquisa.

Como critérios de inclusão, foram considerados artigos relevantes, publicados em revistas científicas reconhecidas e publicados nos últimos dez anos. Foram excluídos os estudos que apresentaram dados sem clareza ou que possuíam algum conflito de interesse.

Para a coleta dos dados, foi utilizado como instrumento de direcionamento um formulário pré-estruturado, confeccionado pelo pesquisador, composto por cinco questões relacionadas ao objetivo da pesquisa, contemplando informações como nome do autor, ano de publicação, método utilizado e principais resultados encontrados, totalizando seis artigos para discussão.

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva, sendo os artigos selecionados avaliados e seus resultados tabulados por meio do software Microsoft Excel, versão 2007. Posteriormente, os resultados foram organizados e descritos utilizando-se o Microsoft Word, versão 2019, possibilitando a apresentação dos achados finais da pesquisa.

Por se tratar de um estudo de revisão bibliográfica, baseado em dados secundários disponíveis na literatura científica, não houve envolvimento direto de seres humanos ou animais. Dessa forma, não foi necessária a submissão do estudo ao Comitê de Ética em Pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A manipulação de medicamentos antineoplásicos requer atenção especial devido ao seu potencial de causar efeitos nocivos não somente aos pacientes, mas também aos profissionais envolvidos em seu preparo, administração e descarte. O profissional farmacêutico apresenta importante participação nesse processo, estando sujeito ao contato com diferentes classes de agentes antineoplásicos durante suas atividades ocupacionais. A exposição pode ocorrer por meio do contato direto com a pele e mucosas, inalação de aerossóis e partículas ou por acidentes durante o preparo e manuseio desses medicamentos (Maciel; Braga; Neto, 2026).

Exposto abaixo, o Quadro 1 apresenta os principais medicamentos antineoplásicos, suas respectivas classes farmacológicas e os possíveis efeitos à saúde associados à exposição ocupacional do profissional farmacêutico, destacando a necessidade da adoção de medidas adequadas de biossegurança e proteção individual.

Quadro 1 – Principais antineoplásicos e riscos à saúde do farmacêutico.

Artigo de Referência	Antineoplásico e Classe farmacológica	Principais efeitos da exposição ocupacional	Neoplasia abordada no artigo de referência
Eficácia e segurança da ciclofosfamida na quimioterapia neoadjuvante baseada em antraciclina e taxanos no câncer de mama: uma metanálise — Kang, Yi-Kun; Si, Yi-Ran; An, Guang-Yu; Yuan, Peng (2021).	Antineoplásico: Ciclofosfamida Classe farmacológica: Agente alquilante	Genotoxicidade, alterações reprodutivas, infertilidade e potencial carcinogênico.	Câncer de mama.
Ifosfamida em infusão contínua por 14 dias para o tratamento de sarcomas de tecidos moles e ósseos: uma análise retrospectiva de coorte de um único centro — Carter, Thomas J. <i>et al.</i> (2020).	Antineoplásico: Ifosfamida Classe farmacológica: Agente alquilante	Genotoxicidade, alterações reprodutivas e possíveis efeitos sistêmicos decorrentes da exposição repetida.	Sarcomas de tecidos moles e sarcoma ósseo.
Uma visão geral da resistência à quimioterapia no osteossarcoma e perspectivas futuras — Garcia-Ortega, Dorian Yarih <i>et al.</i> (2022).	Antineoplásico: Metotrexato Classe farmacológica: Antimetabólito/antagonista do ácido fólico	Genotoxicidade, alterações reprodutivas e possível toxicidade hepática, renal e hematológica.	Osteossarcoma.
Revisão dos mecanismos de resistência ao 5-FU no câncer colorretal: significância clínica dos efeitos atenuados sobre o alvo terapêutico — Gmeiner, William H.; Okechukwu, Charles Chidi (2023).	Antineoplásico: 5-Fluorouracil (5-FU) Classe farmacológica: Antimetabólito/análogo da pirimidina	Irritação, efeitos citotóxicos, alterações genéticas e possíveis efeitos reprodutivos.	Câncer colorretal.
Uma revisão abrangente sobre a doxorrubicina: mecanismos, toxicidade, ensaios clínicos, terapias combinadas e nanoformulações no câncer de mama — Bisht, Anjali <i>et al.</i> (2025).	Antineoplásico: Doxorrubicina Classe farmacológica: Antraciclina	Genotoxicidade, danos celulares e potencial risco carcinogênico.	Câncer de mama.
Avaliação da cardiotoxicidade da quimioterapia baseada em	Antineoplásico: Epirrubicina	Genotoxicidade, efeitos citotóxicos e possíveis	

Artigo de Referência	Antineoplásico e Classe farmacológica	Principais efeitos da exposição ocupacional	Neoplasia abordada no artigo de referência
epirrubicina em pacientes com câncer de mama utilizando troponina T cardíaca de alta sensibilidade, peptídeo natriurético tipo B N-terminal e supressor solúvel de tumorigenicidade-2 — Isemede, Daniel A.; Sharma, Aabha; Bailey, Joseph (2022).	Classe farmacológica: Antraciclina	alterações reprodutivas.	Câncer de mama.

Fonte: Dados da pesquisa, 2026.

Os estudos analisados demonstram que a quimioterapia continua desempenhando papel central no tratamento de diferentes neoplasias, porém sua eficácia está diretamente relacionada à capacidade de equilibrar atividade antitumoral e toxicidade sistêmica. Os trabalhos de Kang *et al.* (2021), Carter *et al.* (2020), Garcia-Ortega *et al.* (2022), Gmeiner e Okechukwu (2023), Bisht *et al.* (2025) e Isemede, Sharma e Bailey (2022) abordam diferentes agentes e neoplasias, mas convergem para um aspecto fundamental: a intensificação ou manutenção da exposição aos agentes citotóxicos nem sempre resulta em maior benefício clínico, uma vez que resistência tumoral e toxicidade podem limitar o efeito terapêutico.

No câncer de mama, a metanálise de Kang *et al.* (2021), avaliou quatro estudos randomizados, totalizando 2.302 pacientes, comparando esquemas neoadjuvantes baseados em antraciclina e taxano com ou sem ciclofosfamida. Os autores observaram que a inclusão da ciclofosfamida não produziu diferença estatisticamente significativa nas taxas de resposta patológica completa, cirurgia conservadora da mama ou resposta clínica.

A taxa global de resposta patológica completa foi de 26,5%, enquanto a cirurgia conservadora foi possível em 70,6% das pacientes. Embora o grupo que recebeu ciclofosfamida tenha apresentado menor proporção de ausência de resposta clínica, a ausência de diferença significativa para resposta patológica completa sugere que a adição desse agente ao regime contendo antraciclina e taxano não necessariamente aumenta a eficácia antitumoral em todos os cenários.

Esse resultado é particularmente relevante porque demonstra que maior número de agentes citotóxicos não implica necessariamente maior benefício terapêutico. A combinação de diferentes mecanismos de ação pode ampliar a atividade antitumoral, mas também pode aumentar a exposição do paciente a eventos adversos. Na metanálise de Kang *et al.* (2021), a ciclofosfamida esteve associada a maior ocorrência de trombocitopenia, neuropatia sensitivo-motora e náuseas ou vômitos. Por outro lado, foram observadas menores taxas de infecção e diarreia no grupo que recebeu ciclofosfamida. Assim, os resultados evidenciam que o perfil de segurança é complexo e deve ser analisado considerando-se simultaneamente os diferentes eventos adversos, e não apenas a toxicidade global.

A relevância das antraciclinas também é evidenciada pela revisão de Bisht *et al.* (2025), que aborda especificamente a doxorrubicina. Esse fármaco apresenta ampla atividade antineoplásica, estando associado à interferência na replicação e transcrição do DNA, além da geração de estresse oxidativo e indução de morte celular. Esses mecanismos ajudam a explicar sua importância nos esquemas quimioterápicos para câncer de mama, mas também estão relacionados a efeitos adversos importantes, principalmente a cardiotoxicidade. A revisão destaca ainda estratégias destinadas a melhorar a relação entre eficácia e segurança, incluindo combinações terapêuticas e sistemas de liberação nanoestruturados.

A cardiotoxicidade merece destaque porque representa uma das principais limitações relacionadas ao uso cumulativo das antraciclinas. Essa questão é reforçada pelos resultados de Isemede, Sharma e Bailey (2022), que acompanharam 81 pacientes com câncer de mama submetidas a quimioterapia baseada em epirrubicina. Os autores observaram aumento progressivo da troponina T cardíaca de alta sensibilidade (hs-cTnT) ao longo do tratamento. A mediana aumentou de 2,0 ng/L no período basal para 7,4 ng/L no período intermediário e 13,3 ng/L ao final da quimioterapia. Em contrapartida, não foram observadas alterações significativas semelhantes nos níveis de NT-proBNP e sST2. Esses achados sugerem que a hs-cTnT pode identificar lesão de cardiomiócitos em estágio mais precoce durante a exposição à epirrubicina.

A associação entre dose cumulativa e aumento da hs-cTnT reforça a importância do monitoramento cardiovascular durante terapias com antraciclinas. Entretanto, a elevação de um biomarcador de lesão miocárdica não deve ser automaticamente interpretada como desenvolvimento de insuficiência cardíaca clínica. O estudo de Isemede *et al.* avaliou

biomarcadores, e não estabeleceu que todas as pacientes desenvolveriam disfunção cardíaca clinicamente manifesta. Dessa forma, os resultados apoiam uma estratégia de vigilância precoce, especialmente em pacientes submetidas a maiores exposições cumulativas às antraciclinas.

No contexto dos sarcomas, o estudo retrospectivo de Carter *et al.* (2020), demonstra uma situação diferente. Os autores avaliaram a ifosfamida em infusão contínua durante 14 dias, na dose de 14 g/m², em pacientes com sarcomas de tecidos moles e sarcomas ósseos recidivados ou metastáticos. Foram incluídos 80 pacientes, sendo 46 com sarcoma de tecidos moles e 34 com sarcoma ósseo. Na população total, a taxa de controle da doença foi de 41%, a sobrevida livre de progressão mediana foi de 3,4 meses e a sobrevida global mediana foi de 11,8 meses. Os resultados indicaram atividade particularmente relevante nos sarcomas de tecidos moles, enquanto o benefício foi mais limitado nos sarcomas ósseos.

O estudo de Carter *et al.* é importante porque demonstra que a modificação da forma de administração de um agente citotóxico pode representar uma tentativa de otimizar a relação entre exposição e toxicidade. Entretanto, a ifosfamida em altas doses permanece associada a toxicidades que demandam suporte especializado, incluindo efeitos hematológicos e renais. Além disso, como se tratava de uma análise retrospectiva, de centro único e envolvendo pacientes previamente tratados, os resultados estão sujeitos a fatores de confusão e não permitem estabelecer causalidade ou generalizar os resultados para todas as populações com sarcoma.

10

A questão da resistência torna-se ainda mais evidente no trabalho de Garcia-Ortega *et al.* (2022), que revisou os mecanismos de resistência à quimioterapia no osteossarcoma. Os autores destacam que a resistência à metotrexato, cisplatina, doxorrubicina e ifosfamida constitui um dos principais obstáculos ao sucesso terapêutico. Essa resistência apresenta caráter multifatorial, envolvendo alterações no reparo do DNA e no ciclo celular, aumento do efluxo de medicamentos, mecanismos de detoxificação, redução da apoptose, autofagia, alterações do microambiente tumoral e angiogênese.

Esses mecanismos ajudam a contextualizar os resultados observados com a ifosfamida. Mesmo quando determinado regime apresenta atividade antitumoral, a presença de mecanismos de resistência pode limitar a duração do benefício. Portanto, a resposta observada com a ifosfamida em pacientes com sarcoma não deve ser analisada exclusivamente pela

intensidade ou dose do tratamento, mas também pelas características biológicas do tumor. A revisão de Garcia-Ortega *et al.* reforça justamente a necessidade de compreender os mecanismos moleculares responsáveis pela resistência para desenvolver estratégias capazes de aumentar a sensibilidade tumoral.

De maneira semelhante, Gmeiner e Okechukwu (2023) demonstram que a resistência também constitui um importante problema no tratamento do câncer colorretal com 5-fluorouracil (5-FU). A revisão descreve diferentes mecanismos capazes de reduzir a atividade do fármaco, incluindo alterações relacionadas ao metabolismo, à disponibilidade intracelular e aos alvos moleculares do 5-FU. Os autores enfatizam particularmente os mecanismos que reduzem os efeitos sobre os alvos terapêuticos, contribuindo para a emergência de doença quimiorresistente.

Quando analisados conjuntamente, os estudos sobre osteossarcoma e câncer colorretal demonstram que a resistência à quimioterapia não é consequência de um único mecanismo. Pelo contrário, trata-se de um processo complexo no qual alterações simultâneas em diferentes vias celulares podem permitir que as células tumorais sobrevivam à exposição aos agentes citotóxicos. Isso possui implicações importantes para a prática clínica, pois simplesmente aumentar a intensidade ou prolongar a exposição ao medicamento pode não superar mecanismos de resistência já estabelecidos e, simultaneamente, pode elevar a toxicidade sistêmica.

11

Outro aspecto relevante é que os seis estudos não devem ser interpretados como evidências diretamente comparáveis quanto à eficácia dos medicamentos. Kang *et al.* estudaram câncer de mama em contexto neoadjuvante; Carter *et al.* avaliaram pacientes com sarcomas recidivados ou metastáticos; Garcia-Ortega *et al.* realizaram uma revisão sobre resistência no osteossarcoma; Gmeiner e Okechukwu concentraram-se no câncer colorretal; enquanto Bisht *et al.* e Isemede *et al.* abordaram principalmente aspectos relacionados à doxorubicina e à cardiotoxicidade das antraciclinas no câncer de mama. Portanto, as diferenças entre os resultados refletem não apenas as propriedades dos fármacos, mas também a biologia tumoral, o estágio da doença, a linha de tratamento e o objetivo terapêutico.

Em conjunto, as evidências sugerem que o desenvolvimento de regimes quimioterápicos deve buscar não apenas aumentar a atividade citotóxica, mas também individualizar a

intensidade do tratamento, antecipar mecanismos de resistência e monitorar precocemente toxicidades relevantes.

No câncer de mama, os resultados de Kang *et al.* questionam o benefício adicional universal da ciclofosfamida quando incorporada a esquemas contendo antraciclina e taxano, enquanto os trabalhos de Bisht *et al.* e Isemede *et al.* evidenciam a necessidade de atenção especial à toxicidade cardíaca associada às antraciclinas. Nos sarcomas, os dados de Carter *et al.* demonstram que a ifosfamida em infusão contínua pode apresentar atividade clínica, mas com necessidade de suporte especializado, ao passo que Garcia-Ortega *et al.* evidenciam a complexidade dos mecanismos de resistência. Finalmente, a revisão de Gmeiner e Okechukwu amplia essa perspectiva para o câncer colorretal, mostrando que a resistência ao 5-FU constitui um fenômeno multifatorial que limita a eficácia dos regimes baseados nesse fármaco.

A exposição ocupacional a medicamentos antineoplásicos pode ocasionar importantes impactos à saúde do profissional farmacêutico, especialmente quando ocorre de forma contínua ou em condições inadequadas de manipulação. O contato com esses agentes pode estar associado a efeitos agudos, como irritações cutâneas, cefaleia, náuseas e alterações respiratórias, além de consequências de maior gravidade decorrentes da exposição prolongada, incluindo alterações genéticas, reprodutivas e aumento do risco de desenvolvimento de neoplasias. No contexto da farmácia oncológica, esses riscos tornam-se particularmente relevantes devido à frequência de preparo e manipulação dos medicamentos, reforçando a necessidade de medidas rigorosas de biossegurança, utilização adequada de equipamentos de proteção e capacitação permanente dos profissionais (Maciel, Braga, Neto. 2026).

Diante dos achados apresentados, evidencia-se que a exposição ocupacional a medicamentos antineoplásicos representa um importante fator de risco à saúde dos profissionais envolvidos em seu preparo, manipulação, administração e descarte, incluindo o farmacêutico que atua na farmácia oncológica. A complexidade dos mecanismos de ação e o potencial tóxico dos agentes quimioterápicos, demonstrados pelos efeitos hematológicos, genotóxicos, reprodutivos e cardiovasculares descritos na literatura, reforçam a necessidade de medidas rigorosas de biossegurança.

Nesse contexto, a prevenção da exposição ocupacional deve envolver a utilização adequada de equipamentos de proteção individual e coletiva, sistemas seguros de preparação e transporte, procedimentos padronizados para manipulação e descarte, capacitação contínua dos

profissionais e monitoramento das condições de trabalho. Assim, os resultados discutidos permitem atender ao objetivo proposto, ao evidenciar que a proteção da saúde do farmacêutico depende não apenas do conhecimento dos riscos associados aos antineoplásicos, mas também da implementação efetiva e contínua de estratégias de prevenção e controle no ambiente da farmácia oncológica. Dessa forma, o fortalecimento das práticas de biossegurança constitui elemento fundamental para reduzir a exposição ocupacional e proporcionar condições de trabalho mais seguras aos profissionais que atuam diretamente com esses medicamentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos achados apresentados, conclui-se que a exposição ocupacional a antineoplásicos representa um importante risco à saúde dos profissionais envolvidos no preparo, manipulação e administração desses medicamentos, especialmente do farmacêutico, devido às propriedades citotóxicas, genotóxicas e potencialmente carcinogênicas dessas substâncias. A análise dos estudos evidenciou que diferentes classes de antineoplásicos, como agentes alquilantes, antimetabólitos e antraciclinas, podem estar relacionadas a efeitos adversos decorrentes da exposição ocupacional, incluindo alterações genéticas, danos celulares, distúrbios reprodutivos, toxicidades sistêmicas e possível desenvolvimento de neoplasias.

13

Destaca-se a necessidade de adoção rigorosa de medidas de biossegurança, uso adequado de equipamentos de proteção individual e coletiva, capacitação contínua dos profissionais e cumprimento dos protocolos de manipulação segura, visando reduzir a exposição e preservar a saúde dos trabalhadores. Assim, o estudo reforça a importância da atuação do farmacêutico na prevenção dos riscos ocupacionais relacionados aos antineoplásicos e evidencia a necessidade de estratégias permanentes de proteção e monitoramento no ambiente de trabalho.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, B. F. L. Manifestações Orais Resultantes da Terapêutica Antineoplásica em Pacientes Pediátricos. 2024. Dissertação de Mestrado. **Egas Moniz School of Health and Science** (Portugal).

BISHT, A. et al. Uma revisão abrangente sobre a doxorrubicina: mecanismos, toxicidade, ensaios clínicos, terapias combinadas e nanoformulações no câncer de mama. **Journal of Pharmaceutical Innovation**, v. 15, n. 1, p. 102-133, 2025.

BISHT, Anjali et al. Uma revisão abrangente sobre a doxorubicina: mecanismos, toxicidade, ensaios clínicos, terapias combinadas e nanoformulações no câncer de mama. **Drug Delivery and Translational Research**, v. 15, n. 1, p. 102-133, 2025.

CARTER, Thomas J. et al. Infusão contínua de ifosfamida por 14 dias para o tratamento de sarcoma de tecidos moles e ósseo: uma análise retrospectiva de coorte de centro único. **Cancers**, v. 12, n. 11, p. 3408, 2020.

DOS SANTOS OLIVEIRA, Marina et al. SEGURANÇA OCUPACIONAL DE MANIPULADORES DE QUIMIOTERÁPICOS. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 12, n. 1, p. 81-92, 2023.

DOS SANTOS PRAXEDES, Luana et al. O PAPEL DO FARMACÊUTICO NA GARANTIA DA QUALIDADE DE MEDICAMENTOS EM DISTRIBUIDORAS: DESAFIOS E RESPONSABILIDADES TÉCNICAS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 10, p. 4168-4184, 2025.

GARCIA-ORTEGA, Dorian Yarih et al. Uma visão geral da resistência à quimioterapia no osteossarcoma e perspectivas futuras. **Resistência a medicamentos contra o câncer**, v. 5, n. 3, p. 762, 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Pesquisa qualitativa básica**. Editora Vozes, 2025.

GMEINER, W. H.; OKECHUKWU, C. C. Revisão dos mecanismos de resistência ao 5-FU no câncer colorretal: significância clínica dos efeitos atenuados sobre o alvo terapêutico. **Cancer Drug Resistance**, v. 6, n. 2, p. 257-272, 2023.

GMEINER, William H.; OKECHUKWU, Charles Chidi. Revisão dos mecanismos de resistência ao 5-FU no câncer colorretal: significado clínico da atenuação dos efeitos no alvo. **Cancer Drug Resistance**, v. 6, n. 2, p. 257, 2023.

HOLANDA, Gabriel Vinicius De Souza; DOS SANTOS, Viviane Marinho. Atuação Do Farmacêutico Hospitalar No Tratamento Quimioterápico. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 11, p. 2303-2323, 2024.

ISEMEDE, D. A.; SHARMA, A.; BAILEY, J. Avaliação da cardiotoxicidade da quimioterapia baseada em epirrubicina em pacientes com câncer de mama utilizando troponina T cardíaca de alta sensibilidade, peptídeo natriurético tipo B N-terminal e supressor solúvel de tumorigenicidade-2. **Annals of Clinical Biochemistry**, v. 59, n. 6, p. 410-419, 2022.

ISEMEDE, Daniel A.; SHARMA, Aabha; BAILEY, Joseph. Avaliação da cardiotoxicidade da quimioterapia à base de epirrubicina em pacientes com câncer de mama utilizando troponina T cardíaca de alta sensibilidade, pró-peptídeo natriurético tipo B N-terminal e supressão solúvel da tumorigenicidade-2. **Annals of Clinical Biochemistry**, v. 59, n. 6, p. 410-419, 2022.

JONES, R. L. et al. Ifosfamida em infusão contínua por 14 dias para o tratamento de sarcomas de tecidos moles e ósseos: uma análise retrospectiva de coorte de um único centro. **Cancers**, v. 12, n. 11, p. 3408, 2020.

KANG, Y. K. et al. Eficácia e segurança da ciclofosfamida na quimioterapia neoadjuvante baseada em antraciclinas e taxanos no câncer de mama: uma metanálise. **Gland Surgery**, v. 10, n. 1, p. 252-261, 2021.

KAUFMAN, Dora. **Desmistificando a inteligência artificial: 2a Edição revisada e ampliada**. Autêntica Editora, 2022.

MACIEL, Priscila Rufino Fricks; BRAGA, Sulamita Rocha; NETO, Sebastian Rinaldi. ATUAÇÃO DO FARMACÊUTICO EM ONCOLOGIA NA PREVENÇÃO E MANEJO DE REAÇÕES ADVERSAS A QUIMIOTERÁPICOS ANTINEOPLÁSICOS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 12, n. 6, p. 1-16, 2026.

PAULA, Nayara de Almeida et al. Vulnerabilidade dos profissionais de enfermagem em um hospital público frente ao risco ocupacional no manuseio de quimioterápicos antineoplásicos. 2022.

VILAR, Allamark et al. O PAPEL DO FARMACÊUTICO NA PROMOÇÃO DO USO RACIONAL DE PLANTAS MEDICINAIS E FITOTERÁPICOS. **Revista Coopex.**, v. 16, n. 02, p. 8.211-8.229, 2025.