



C A P Í T U L O 7

INSTABILIDADE GENÔMICA EM PROFISSIONAIS DA SAÚDE: EFEITOS DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL À RADIAÇÃO IONIZANTE

Roberta Camille Nunes Silva

Emily Catarine da Silva Soares

Francijara Araújo da Silva

Resumo: A radiação ionizante é uma forma de energia amplamente utilizada na medicina para diagnóstico e tratamento, mas representa um risco ocupacional significativo. Este estudo tem como foco os danos ao DNA em profissionais da saúde cronicamente expostos a essa radiação no ambiente de trabalho. O objetivo geral é analisar as evidências científicas sobre a instabilidade do DNA induzida pela radiação ionizante e propor medidas preventivas para mitigar os riscos associados. A metodologia adotada foi uma revisão bibliográfica de caráter exploratório e descritivo, com buscas em bases de dados como PubMed, SciELO e LILACS. Os resultados confirmam que a exposição crônica, mesmo em baixas doses, aumenta a frequência de danos genotóxicos, como micronúcleos, elevando o risco de carcinogênese. Conclui-se que exames periódicos, como o teste de micronúcleo e hemograma, são ferramentas imprescindíveis para a proteção da saúde destes profissionais.

Palavras-chave: Radiação ionizante. Exposição ocupacional. Teste de micronúcleo. Instabilidade genômica.

INTRODUÇÃO

A radiação ionizante, que pode se apresentar como partículas ou ondas eletromagnéticas, é uma ferramenta essencial na área da saúde, contribuindo para a detecção, prognóstico e terapia de diversas doenças. Seu uso em diagnósticos por imagem, como mamografia e tomografia computadorizada, é vasto. Contudo, essa exposição representa um risco ocupacional significativo, pois pode comprometer a integridade genômica dos organismos. A radiação ionizante pode causar danos ao DNA por mecanismos diretos, interagindo com a molécula, ou indiretos, através da formação de radicais livres pela quebra de moléculas de água. Danos não reparados podem levar a mutações e transformações neoplásicas.

Assim, profissionais da saúde que utilizam equipamentos emissores de radiação estão sob risco constante. Mesmo com doses anuais abaixo dos limites legais, a exposição crônica e de longo prazo pode induzir a carcinogênese, tornando imprescindível o monitoramento da saúde por meio de exames periódicos, como o teste de micronúcleo (MN). Este teste é um importante biomarcador que permite identificar o aumento da frequência de mutações em células expostas a agentes genotóxicos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Lusiyaniti et al., 2025, p. 1035: “A radiação ionizante (RI) é reconhecida como um risco ocupacional no local de trabalho devido ao seu potencial de dano biológico”. No entanto, “as consequências da radiação em humanos expostos estão associadas a absorção parcial ou total de energia pelos tecidos, desta forma pode causar malignidades irreversíveis nas células” (CAURIO et al., 2023, p. 4754). “Os trabalhadores da área da saúde, principalmente aqueles que realizam exames utilizando radiações ionizantes como o raios-x, apresentam grande risco ocupacional devido à exposição ao agente físico” (CAURIO et al., 2023, p. 4755).

A dosimetria física, embora essencial, mede a dose externa recebida, mas não reflete necessariamente o dano biológico individual, que pode ser influenciado por fatores como a sensibilidade pessoal e a eficácia dos mecanismos de reparo do DNA (BHOTLA et al., 2023). Portanto, “a fim de prevenir doenças relacionadas à exposição ocupacional, é imprescindível monitorar as condições de saúde por meio de exames periódicos, como o de teste de micronúcleo” (CAURIO et al., 2023, p. 4761). O teste de micronúcleos (MN) é um biomarcador celular importante que “permite a identificação do aumento da frequência de mutações em células que são expostas a uma quantidade variada de agentes genotóxicos” (UCHÔA; MAGALHÃES, 2020, p. 3853).

Nesse contexto, o monitoramento biológico, ou biodosimetria, surge como uma ferramenta complementar que «aprimora a dosimetria física e facilita uma avaliação mais abrangente dos efeitos da radiação sobre a saúde» (LUSIYANTI et al., 2025, p. 1036).

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A pesquisa utilizou como metodologia a revisão bibliográfica, de caráter exploratório e descritivo. Este método consistiu no levantamento, seleção e análise crítica de publicações científicas pertinentes ao tema. A coleta de dados ocorreu no início de agosto de 2025, em bases de dados científicas como PubMed, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e LILACS.

Foram utilizados os descritores «radiação ionizante», «exposição ocupacional», «teste de micronúcleo» e “instabilidade genômica”, em português e inglês. Foram estabelecidos critérios de inclusão para selecionar estudos que avaliassem danos genotóxicos em trabalhadores expostos à radiação ionizante, com foco especial naqueles que utilizaram o ensaio de micronúcleo como biomarcador, e de exclusão para artigos que não se enquadravam na temática.

A análise dos materiais selecionados foi realizada de forma a sintetizar as informações, identificar as evidências sobre a relação entre a exposição e a instabilidade do DNA, e avaliar a eficácia do teste de micronúcleo como ferramenta de biomonitoramento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados confirmam que a exposição ocupacional à radiação ionizante, embora indispensável para a medicina, representa um risco considerável. As evidências demonstram que a exposição crônica, mesmo em baixas doses, compromete a integridade genômica, e o ensaio de MN é um biomarcador eficiente e sensível para monitorar os efeitos em populações expostas.

A literatura científica analisada mostra de forma consistente um aumento estatisticamente significativo na frequência de danos citogenéticos nos profissionais expostos quando comparados a grupos controle. Caurio et al. (2023), por exemplo, revelaram que o número de micronúcleos em trabalhadores expostos (média de $32,5 \pm 5,4/1000$ células) foi significativamente maior ($p < 0,05$) do que no grupo não exposto (média de $5,8 \pm 1,8 / 1000$ células). De forma similar, Bhotla Kuchi et al. (2023) constataram que a média de micronúcleos/1000 células binucleadas aumentou de forma significativa nos linfócitos de todos os grupos expostos em comparação com os controles.

Esses achados validam o teste de micronúcleo como uma ferramenta imprescindível para avaliar os riscos da exposição. Além da exposição em si, o tempo de serviço é um fator agravante. Lusiyanthi et al. (2025) observaram que trabalhadores com mais de 16 anos de exposição apresentaram uma taxa de incidência de MN significativamente maior ($p < 0,05$) do que aqueles com menos de 16 anos. Isso reforça a necessidade de um monitoramento contínuo e da adoção de medidas preventivas robustas, como a realização periódica do teste de micronúcleo e de hemogramas, além do monitoramento constante da dose absorvida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa confirmam o impacto significativo da exposição ocupacional à radiação ionizante na integridade genômica dos profissionais de saúde. A análise da literatura demonstrou que, mesmo com doses anuais abaixo dos limites legais, a exposição de longo prazo pode causar danos ao DNA e, consequentemente, aumentar o risco de carcinogênese. Este estudo consolida evidências que validam o ensaio de micronúcleo como uma ferramenta biológica eficiente e imprescindível para monitorar populações expostas, sendo fundamental para aprofundar a compreensão sobre os mecanismos de dano da radiação e reforçar a importância da biodosimetria.

A pesquisa serve como um alerta para a necessidade de políticas de saúde ocupacional mais eficazes, recomendando a implementação de protocolos de segurança mais robustos. Sugere-se, para trabalhos futuros, a realização de uma pesquisa de campo com profissionais de saúde locais para identificar danos citogenéticos e correlacioná-los com o tempo de exposição e as práticas de proteção adotadas, visando o desenvolvimento de um programa de monitoramento biológico regionalizado.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos à Enfermeira Emily Catarine e a professora Dra. Francijara Araújo da Silva pela orientação dada na escrita desta revisão bibliográfica.

REFERÊNCIAS

BHOTLA KUCHI, H. et al. Repercussão genotóxica da radiação de alta intensidade (raios X) em radiologistas hospitalares. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, v. 64, n. 2, p. 123-131, 2023.

CAURIO, D. L. et al. Avaliação da instabilidade genômica em profissionais expostos às radiações ionizantes de radiodiagnóstico médico por meio do ensaio de micronúcleo. *Brazilian Journal of Development*, v. 9, n. 1, p. 4753-4763, jan. 2023.

DJOKOVIC-DAVIDOVIC, J. et al. Analysis of chromosomal aberrations frequency, haematological parameters and received doses by nuclear medicine professionals. *Journal of Buon*, v. 21, n. 5, p. 1307-1315, set./out. 2016.

FENECH, M. Cytokinesis-block micronucleus assay evolves into a "cytome" assay of chromosomal instability, mitotic dysfunction and cell death. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, v. 600, n. 1-2, p. 58-66, 2006.

LUSIYANTI, Y. et al. Estudo preliminar de micronúcleos espontâneos e perfil hematológico de trabalhadores expostos a baixas doses de radiação. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, v. 26, n. 3, p. 1035-1041, 2025.

UCHÔA, I. S.; MAGALHÃES, M. A. V. Teste de Micronúcleo um importante Biomarcador Celular. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 3851-3857, mar./abr. 2020.