

## OS RISCOS DA EXPOSIÇÃO ÀS RADIAÇÕES IONIZANTES : UMA REVISÃO DE LITERATURA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.378122507041>

*Data de aceite: 14/04/2025*

### **Aparecida Livia Ribeiro Santos**

Centro Universitário Doutor Leão Sampaio  
– Unileão, Juazeiro do Norte – CE, Brasil

### **Ana Ruth Sampaio Grangeiro**

Centro Universitário Doutor Leão Sampaio  
– Unileão, Juazeiro do Norte – CE, Brasil

### **Plínio Bezerra Palácio**

Centro Universitário Doutor Leão Sampaio  
– Unileão, Juazeiro do Norte – CE, Brasil

### **Murilo Felipe Felício**

Universidade Regional do Cariri – URCA,  
Crato – CE, Brasil

### **Janaína de Souza Bezerra**

Centro Universitário Doutor Leão Sampaio  
– Unileão, Juazeiro do Norte – CE, Brasil

### **Francildo dos Santos Silva**

Universidade Regional do Cariri – URCA,  
Crato – CE, Brasil

### **Ademar Maia Filho**

Universidade Regional do Cariri – URCA,  
Crato – CE, Brasil

### **Severino Denicio Gonçalves de Sousa**

Sabrina Bezerra da Silva  
Universidade Regional do Cariri – URCA,  
Crato – CE, Brasil

### **João Pereira da Silva Junior**

Universidade Regional do Cariri – URCA,  
Crato – CE, Brasil

### **Viviane Bezerra da Silva**

Universidade Regional do Cariri – URCA,  
Crato – CE, Brasil

### **José Weverton Almeida-Bezerra**

Universidade Regional do Cariri – URCA,  
Crato – CE, Brasil

### **José Walber Gonçalves Castro**

Centro Universitário Doutor Leão Sampaio  
– Unileão, Juazeiro do Norte – CE, Brasil

**RESUMO:** Esse trabalho tem como objetivo descrever informações sobre as radiações ionizantes e os problemas que a exposição as mesmas podem causar ao organismo humano. Para compor a presente revisão de literatura foram pesquisados artigos relacionados ao tema em bases de dados eletrônicos como PUBMED, Scielo, LILACS, repositórios bibliotecas institucionais, livros e revistas científicas eletrônicas. A radiação é uma fonte de energia amplamente utilizada em pesquisas científicas e tecnológicas em diversas áreas, como medicina, energia nuclear, que pode afetar a saúde humana

de várias maneiras. Diversos estudos já publicados mostram os impactos que a exposição excessiva pode causar aos humanos. Porém, diariamente a população é exposta aos mais variados tipos de radiações, sem a devida conscientização necessária sobre os riscos. Conclui-se que entender os problemas que a radiação pode causar é essencial para proteger a saúde humana e a segurança dos indivíduos que trabalham em ambientes onde são expostos à radiação, bem como, promover pesquisas científicas seguras e conscientizar o público sobre a importância da segurança radiológica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Luz LED. Luz UV. Radiação.

## THE RISKS OF EXPOSURE TO IONIZING RADIATION: A LITERATURE REVIEW

**ABSTRACT:** This paper aims to describe information about ionizing radiation and the problems that exposure to it can cause to the human body. To compose this literature review, articles related to the topic were researched in electronic databases such as PUBMED, Scielo, LILACS, institutional library repositories, books and electronic scientific journals. Radiation is a source of energy widely used in scientific and technological research in several areas, such as medicine and nuclear energy, which can affect human health in several ways. Several studies already published show the impacts that excessive exposure can cause to humans. However, the population is exposed to the most varied types of radiation on a daily basis, without the necessary awareness about the risks. It is concluded that understanding the problems that radiation can cause is essential to protect human health and the safety of individuals who work in environments where they are exposed to radiation, as well as to promote safe scientific research and raise public awareness about the importance of radiological safety.

**KEYWORDS:** LED light. UV light. Radiation.

## INTRODUÇÃO

O sangue é um tecido conjuntivo fluido que tem uma composição única, formado por uma parte líquida, também chamada de plasma e elementos figurados, que são as células e os fragmentos celulares. É constituído por três séries diferentes, a série vermelha, representada pelos glóbulos vermelhos (que ocupam cerca de 45% do volume sanguíneo), a série branca, composta pelos leucócitos e a série plaquetária, fragmentos de células circulantes que funcionam no sistema de coagulação (Labarba et al., 2023).

O sistema hematopoietico é composto por diversos órgãos, incluindo fígado, baço, medula óssea, linfonodos e timo, que atuam na produção, maturação e destruição das células do sangue, e responsável por produzir novas células sanguíneas continuamente ao longo de toda a vida. As células maduras derivam de células-tronco hematopoieticas de vida longa (HSCs) que estão no ápice da hematopoese pelo fato de possuir capacidade de se dividir, renovar e garantir a reposição constante (Filippi; Ghaffari, 2019).

A hematopoese, ou hematopoiese, é responsável por originar e formar as células sanguíneas. É uma atividade altamente dinâmica que envolve proliferação, diferenciação e maturação destas células (Azevedo, 2019).

Eritropoiese é o mecanismo de produção dos eritrócitos, também chamados de glóbulos vermelhos, ou hemácias que tem início ainda na vida uterina, a partir de uma célula pluripotencial de origem mesenquimal, chamada célula-tronco. A célula tronco é estimulada a se diferenciar em unidades formadoras de colônia eritrocitária e repor as hemácias perdidas com o auxílio principal do hormônio eritropoetina (EPO), e a partir daí se diferenciam (Weihang et al., 2020).

Apesar de possuir grande importância nas ciências da área médica, essa energia tem capacidade de ser nociva e potencialmente tóxica. Além disso, podem ser encontradas na iluminação de interiores por lâmpadas diodos emissores de luz (LED), em telas de televisão, computadores, tablets e smartphones. Porém sejam elas utilizadas em telas, ou não, apresentam riscos se seu uso for em curtas distâncias ou por tempo prolongado (Correia, 2022).

A radiação ultravioleta (UV) provém da luz solar que atinge a terra e são imprescindíveis para a vida na biosfera, pois ela permite que ocorra a fotossíntese, permitindo assim vida na terra. Entretanto, apesar de não provocar ionização, a radiação ultravioleta pode ser classificada como radiação excitante por possuir a capacidade de acelerar várias reações químicas em nível celular por ocasionar saltos de elétrons entre camadas da eletrosfera (Júnior; Abramov, 2021).

Os defeitos qualitativos e quantitativos dos elementos que constituem a membrana podem aumentar sua fragilidade, contribuindo para diminuição da vida média eritrocitária. Em uma avaliação e meta-análise de estudos que avaliaram a fragilidade das hemácias após exposição à radiação ionizante terapêutica, foram encontrados resultados que mostram a relação entre a radiação com a fragilidade eritrocitária, que aumentou significativamente, levando à hemólise (Zattar et al., 2022). Portanto esse trabalho tem como objetivo descrever os efeitos das radiações UV e LED frente aos eritrócitos.

## REVISÃO DE LITERATURA

### ERITROPOESE X LUZ

As principais células do sangue são formadas por um processo chamado eritropoiese, que tem início ainda na vida uterina, a partir de uma célula pluripotencial de origem mesenquimal, chamada célula-tronco. Essa, é estimulada a se diferenciar em unidades formadoras de colônia eritrocitária e repor as hemácias perdidas com o auxílio principal da interleucina 3 (IL-3) associada a eritropoetina (EPO), e a partir daí se diferenciam. O hormônio EPO (eritropoetina), é responsável por induzir e manter a diferenciação de eritrócitos no sangue periférico e pela proliferação das células progenitoras de eritrócitos, presentes na medula óssea (BRAUNSTEIN, 2022).

Em adultos normais, a eritropoiese acontece principalmente na medula óssea, e no baço ou no fígado em fetos e pacientes com anemias graves, sendo assim responsáveis por maturar a célula tronco hematopoietica por um processo de mitose desde os progenitores mieloides, proeritroblastos, eritroblastos e por fim nas células maduras chamada de eritrócitos (ODA et al., 2018).

Em recém-nascidos, o aumento da oxigenação que ocorre com a respiração normal após o nascimento causa elevação abrupta do nível de oxigênio nos tecidos, resultando em retroação negativa sobre a produção de eritropoietina e eritropoiese. Essa redução na eritropoiese, provoca um tempo médio de vida mais curto dos eritrócitos neonatais de aproximadamente 90 dias. Essa redução de vida dos glóbulos vermelhos provoca também baixa concentração de hemoglobina nos primeiros meses de vida, posteriormente do 4° ao 6° mês a estimulação da eritropoietina se refaz (WALTER, 2019).

A produção das hemácias dura cerca de 7 a 8 dias, e possui alguns principais fatores que colaboram para que a sua maturação aconteça, como por exemplo a vitamina B12 e o ácido fólico, importantes na hematopoese como um todo. A ausência de um destes elementos pode impedir a célula de duplicar DNA normalmente e atrapalhar o processo de mitose que é responsável pela conversão do pro eritoblasto em eritoblasto basófilo, eritoblasto policromático, eritoblasto ortocromático, reticulócito e por fim em eritrócito (LACES, 2022).

O sangue é um tecido composto sobretudo por eritrócitos, ou hemácias, ou ainda células vermelhas, que são responsáveis principalmente pelo transporte de nutrientes e de gases respiratórios no organismo. A vida média útil dos eritrócitos é de 100 a 120 dias e depois são removidos pelo baço. Além disso, quando maduros são anucleados, ou seja, não possuem núcleo celular, e apresentam forma bicôncava que proporciona maior flexibilidade para que o eritrócito se deforme e consiga passar até mesmo por capilares mais estreitos do corpo (WEIHANG et al., 2020).

O aspecto morfológico da série dos eritrócitos é de extrema relevância pois o mesmo serve de suporte no esclarecimento e na determinação do estado hematológico em que o indivíduo se encontra, o que é essencial para detectar uma possível anormalidade que seria observada tardiamente (ALMEIDA, 2012).

Por se originar a partir de células tronco pluripotentes, consequentemente o sangue possui alto grau proliferativo. Apresentando, assim uma grande sensibilidade a radiação e a exposição contínua até mesmo a baixas doses por longos períodos de tempo, podendo sofrer danos perceptíveis e irreversíveis ao sangue periférico (CNEN, 2014).

As radiações ionizantes possuem capacidade de gerar graves problemas no organismo, e nas células hematológicas em especial, que consequentemente suas quantidades são diminuídas no sangue periférico. Portanto, um maior tempo de exposição à radiação ou a exposição a doses maiores que as recomendadas causam interferência na contagem de células do sangue (TOLEDO, 2019; CALA, 2014).

Apesar da ampla utilização das radiações ionizantes na saúde para meios diagnósticos e até como forma de tratamento para as mais variadas doenças, incluindo cânceres. Esse tipo de radiação oferece graves danos à saúde dos expostos. Os principais riscos associados a esse tipo de radiação, estão relacionados em sua capacidade gerar radicais livres e de conseqüentemente promover acentuadas alterações relevantes nas células, principalmente nas que apresentam maior atividade mitótica (RODRIGUES et al., 2019).

A medula óssea possui grande capacidade regenerativa, importante para recuperar de lesões causadas, por exemplo, pelas radiações ionizantes. Contudo, mesmo assim, é possível que anos após exposição o indivíduo tenha maior probabilidade de desenvolver doenças malignas, como por exemplo, leucemias (UNSCEAR, 2016).

## **RADIAÇÃO**

Em 1895, Wilhelm Conrad Roentgen, educador físico, decidiu colocar sua mão defronte ao brilho produzido pela radiação e percebeu que a silhueta dos ossos de sua mão apareceu em uma chapa de vidro composta de uma película de platinocianeto de bário. Roentgen, convidou sua esposa Anna Bertha Röntgen para participar do experimento, dando origem à primeira radiografia da história. Desde então, o uso da radiação ionizante tornou-se permanente, caracterizados principalmente pelos grandes avanços tecnológicos e considerável aumento do uso das radiações para fins de pesquisas, diagnósticos e terapêuticos (FILHO, 2019).

A radiação é definida como energia em movimento que vai de um ponto ao outro do espaço, produzida por fontes naturais ou não, que se propagam em qualquer direção. E pode ser dividida em ionizante e não ionizante. As classificadas em radiações ionizantes podem promover interações importantes nas características físicas e químicas da matéria, através da extração de elétrons dos átomos, mudando assim sua carga (OKUNO, 2018).

O termo Radiação Ionizante, refere-se a partículas subatômicas que ao interagir com um átomo poderá de forma direta ou indireta fazer com que o átomo perca um elétron ou quebre o seu núcleo. A indireta é quando ocorre a liberação de radicais livres a partir da quebra de moléculas de água. E a forma direta está relacionada a modificações genéticas que podem causar alterações celulares e levar à morte celular. Alguns exemplos de radiações ionizantes são os fótons raio x e raios gama, prótons, nêutrons (HELERBROCK, 2023).

Quando interações acontecem no tecido do corpo, essas podem acarretar problemas de saúde por terem capacidade de influência com os corpos depositando neles energia e além disso, possuem potencial cumulativo, que pode ser nocivo caso não sejam observados os critérios de radioproteção e a sensibilidade que alguns grupos tem mais que outros (BUONOCORE et al., 2019; GUIDETTI et al., 2016).

A radiação não ionizante é uma forma de energia radiante de baixa frequência, conhecida como campo eletromagnético, que se dissemina por meio de uma onda eletromagnética, e pode ser gerada tanto por fontes naturais quanto não naturais. Presente por exemplo, em eletrodomésticos, celulares, redes wi-fi entre outros equipamentos usuais do cotidiano. Porém, toda atenção possível a este tipo de radiação também se faz necessária, já que também é altamente prejudicial à saúde (SOUZA, 2019).

### *Luz de LED*

A luz LED (*Light Emitting Diode*), tem como principal característica ser um componente semicondutor que significa diodo emissor de luz. É classificada como um tipo de tecnologia de condução de luz com variações nos comprimentos de onda, e apresenta faixas específicas, de acordo com a cor apresentada (MACEDO, 2015).

Nas ciências médicas, as aplicações das radiações não ionizantes são feitas num campo denominado radiologia, que amplamente está distribuído em radioterapia, radiologia diagnóstica e a medicina nuclear. Sendo essenciais em terapias de certos tipos de tumores, nos diagnósticos por imagem e nos tratamentos paliativos de pessoas com câncer, que apresentam melhoria significativa (CORREIA, 2022).

Apesar de possuir grande importância nas ciências da área médica, essa energia tem capacidade de ser nociva e esses perigos da luz azul são objetos de inúmeras publicações, tanto no meio científico quanto para o público em geral. Essas fontes de luzes potencialmente tóxicas podem ser encontradas na iluminação de interiores por lâmpadas LED (diodos emissores de luz), em telas de televisão, computadores, tablets e smartphones. Porém sejam elas utilizadas em telas, ou não, apresentam riscos se seu uso for prolongado e em curtas distâncias (RENARD; LEID, 2016).

Com a exposição aumentada da luz LED, as células fotossensíveis acabam potencializando os seus trabalhos para produzir mais energia. Além disso, é sabido que a emissão de luz azul, atua fortemente na formação de radicais de superóxidos a partir dessas mitocôndrias, que podem ser rapidamente transformados em componentes tóxicos quando em estado mais avançado de exposição, causando danos oxidativos às células. Quanto maior a intensidade da energia em luz, maiores são os efeitos nocivos às células fotorreceptoras, especialmente na indução do fenômeno do apoptose (KIM, 2016).

### *Radiação UV*

A radiação UV é uma das radiações que compõe a radiação solar, a faixa do espectro eletromagnético referente aos comprimentos de onda compreendidos são de aproximadamente 100 a 400 nm. De acordo com a intensidade com que essa radiação é absorvida pela camada de ozônio e por outros gases na alta camada atmosférica, em virtude dos efeitos biológicos produzidos seu espectro pode ser classificado em UVC de 100 a 280 nm, UVB de 280 a 315 nm e UVA de 315 a 400 nm (FRANCO, 2018).

A exposição à luz UV-C pode ser um processo estressante e produzir efeito celular danoso uma vez que estimula a produção de espécies reativas de oxigênio que podem modificar a estrutura do DNA (YANG, 2019).

Na radioproteção, os efeitos biológicos produzidos pela radiação ionizante foram classificados como efeitos estocásticos e efeitos determinísticos. Sendo que os efeitos estocásticos são eventos probabilísticos que não possuem um limiar, e podem causar câncer ou teratogênese devido a danos no DNA causados. Além disso, Dentro dos danos biológicos causados pelas radiações ionizantes, estão alterações hematológicas, que são causadas por afecções do sistema hematopoiético que é composto de medula óssea, sangue e tecido linfático, causando leucopenia e linfopenia na circulação periférica. Quando a lesão celular precursora é letal, é manifestada pelo enfraquecimento das células sanguíneas (FERREIRA, 2021).

Os trabalhadores expostos rotineiramente à radiação se expõem a doses limites superiores aos do público em geral. Um estudo realizado em um hospital na cidade de Sucre com trabalhadores expostos a radiações ionizantes, na Bolívia, informa que 76% dos envolvidos exibiram valores baixos de leucócitos e 56% valores baixos de linfócitos, apresentaram também uma diminuição nos demais parâmetros do hemograma, que pode ser correlacionado diretamente com a área de trabalho e o tempo de exposição diária (TOLEDO, 2019).

A interação do material biológico com a radiação ionizante produz geração de radicais livres e oferece grandes riscos de danos ao DNA celular. Algumas vezes esse dano não é importante ao organismo, quando ele consegue se recompor. Entretanto, em alguns casos eventualmente, esta recomposição do dano é ineficiente ou inexistente e a célula passa a se reproduzir com defeito, aumentando em altos níveis os riscos de problemas somáticos e genéticos (SANTOS, 2018).

## LEGISLAÇÃO SOBRE RADIAÇÃO

À medida que os riscos da radiação ionizante foram compreendidos se fez necessário uma regulação estatal. As primeiras iniciativas para a regulamentação da utilização da radiação ionizante foram no âmbito ocupacional e somente depois as regulamentações passaram a contemplar os demais seguimentos da sociedade e da população, com objetivo de evitar exposição desnecessária ou acidental a esse tipo de energia (NAVARRO; LEITE; ALEXANDRINO, 2008).

A RDC nº 330, de 20 de dezembro de 2019 regulamenta o funcionamento de estabelecimentos que oferecem os serviços de radiodiagnóstico estabelecendo requisitos sanitários. A RDC também dispõe sobre regulação da exposição ocupacional à radiologia e do público como um todo (BRASIL, 2019).

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) através da portaria 485/2011 na NR (Norma Regulamentar) 32 no item 32.4.3 estabelece a postura a ser adotada pelos trabalhadores que operam com a radiação ionizante no seu ambiente trabalho, tais como: uso de equipamentos de proteção individual (E.P.I.'s), permanência mínima nas áreas onde houver a fonte emissora de radiação ionizante, possuir entendimento e compreensão a acerca dos mínimos riscos que o trabalhador está sujeito em relação as doses de radiação que são expostos constantemente na rotina laboral (BRASIL, 2011).

Além disso, no item 32.4.6, essa mesma portaria enfatiza a responsabilidade do empregador na segurança coletiva, na manutenção de registros referentes à segurança dos profissionais, na capacitação desses trabalhadores e no fornecimento, mediante recibo, de dados referentes a doses de exposição em situações rotineiras, acidente e emergência ao profissional exposto e ao do médico trabalho (BRASIL, 2005).

O Ministério do Trabalho determina que os profissionais que trabalham com radiação ionizante necessitam da realização de exames como por exemplo, o hemograma completo com contagem de plaquetas na admissão e ficar realizando de forma semestral, como forma de monitorar a saúde desses profissionais e prevenir danos tardios (BRASIL, 2020).

Diante de dados comprovados por pesquisas científicas urge a atualização das normas e recomendações brasileiras reconhecendo a exposição ocupacional à radiação ionizante dos tripulantes brasileiros, profissionais expostos a radiação ionizante constantemente. A divulgação das informações sobre radiação cósmica e os possíveis problemas que esta pode causar, além de estabelecer um controle das exposições dos tripulantes, grávidas e passageiros frequentes (RUAS, 2017).

O uso de equipamentos de proteção individual (E.P.I.'s) e observância as normas de radioproteção são indispensáveis para a segurança geral desses profissionais e uma importante ferramenta para prevenir possíveis danos à saúde. O descumprimento ou a negligência em qualquer norma de segurança incorre em riscos à saúde desses trabalhadores. Sendo assim necessária a capacitação desses profissionais, para que sejam sanadas quaisquer concepção equivocada no que diz respeito a proteção radiológica (CORREIA; BATISTA; PAIVA, 2017).

Vale salientar, que exames periódicos são importantes para detectar patologias que possam surgir de maneira espontânea, ou até mesmo associadas ao ramo laboral, sendo determinantes para atestar a aptidão para o trabalho em determinadas áreas. Esses exames também servem para acompanhar a evolução de doenças pré-existentes ou o surgimento de novas patologias relacionadas com a ocupação que o profissional se encontra (CASCÓN, 2015).

As radiações ionizantes podem ser utilizadas de forma segura, desde que os limites de exposição estabelecidos pelos órgãos reguladores responsáveis sejam obedecidos e que as normas de radioproteção sejam seguidas de forma correta (SEVERO, 2020).



## HEMOGRAMA

O hemograma é um exame laboratorial de grande destaque para a área da saúde, que ajuda no diagnóstico de diferentes patologias. É muito utilizado por médicos, pois as informações contidas nele possibilitam uma análise ampla do estado do paciente. É possível analisar a série vermelha, a branca e a plaquetária, compondo o eritrograma, leucograma e plaquetograma, respectivamente (CONTI, 2019).

É uma ferramenta importante para a detecção das mais variadas doenças pois apresenta um reflexo do quadro geral do organismo do paciente. Composto pelo eritrograma que fornece informações tais como o número de hemácias, quantidade de hemoglobina, hematócrito e os índices hemantimétricos: Volume corpuscular médio (VCM), Hemoglobina Corpuscular Média (HCM), Concentração De Hemoglobina Corpuscular Média (CHCM) e variação do tamanho das hemácias na amostra (RDW). O exame ainda avalia as plaquetas e a contagem de leucócitos (FAILACE, 2015; SILVEIRA, 2015).

Em um estudo sobre glóbulos vermelhos de profissionais médicos expostos à radiação ionizante de baixa dose, foi analisado que a membrana das hemácias se tornou mais frágil e vulnerável com maior probabilidade de quebra após a irradiação com raios  $\gamma$  em amostras de sangue total de voluntários saudáveis (ACOSTA et al., 2017).

Portanto, os resultados da contagem de hemácias e hemoglobina entre os grupos com diferentes tipos de exposição no trabalho, mostraram que os profissionais da radiologia podem estar predispostos por exemplo a anemia por hemólise, principalmente aqueles que lidam com radiologia intervencionista (HEYDARHEYDARI; HAGHPARAST; EIVAZI, 2016).

As hemácias são suscetíveis às alterações de pH sanguíneo devido a modificações do equilíbrio ácido-base. Tal condição pode causar diminuição da resistência celular e consequentemente aumento da fragilidade eritrocitária. Além disso, defeitos nos constituintes da membrana podem provocar um episódio de ciclo de vida mais curto aos eritrócitos, ou seja, as hemácias entram em um estado hemolítico (MARTINS et al., 2021).

A membrana eritrocitária, denominada mosaico bi lipídico e fluídico é constituída por lipídeos e proteínas, e forma uma barreira que separa os meios intracelular e extracelular. As trocas entre estes compartimentos são realizadas por de bombas, canais de trocas de íons e canais de transporte molecular. Em virtude disso, quando os eritrócitos sofrem transformações em sua morfologia tais defeitos podem estar relacionados a complicações que envolvem essa membrana (RODRIGUES et al., 2019).

Os defeitos qualitativos e quantitativos dos elementos que constituem a membrana podem aumentar sua fragilidade, contribuindo para diminuição da vida média eritrocitária. Em uma avaliação e meta-análise de estudos que avaliaram a fragilidade das hemácias após exposição à radiação ionizante terapêutica, foram encontrados resultados que mostram a relação entre a radiação com a fragilidade eritrocitária, que aumentou significativamente, levando à hemólise (ZATTAR et al., 2022).

O desempenho dos eritrócitos está passível de comprometimento quando sujeito ao estresse oxidativo que é a desarmonia entre ele e a capacidade de defesa antioxidante. Decorrente da sua constituição, os eritrócitos são susceptíveis à lesão oxidativa, tendo em vista que os lipídios insaturados da membrana são altamente passíveis à oxidação. Além disso, tanto o ferro quanto o oxigênio permitem essa formação de radicais livres que por se apresentarem de maneira exagerada na célula provocarão oxidação das moléculas biológicas (MACHADO et al., 2009).

O estresse oxidativo é proveniente da existência de um desequilíbrio entre compostos antioxidantes e oxidantes, que produz grandes quantidades de radicais livres. Este processo induz a oxidação de biomoléculas, o que consequentemente gera a perda de suas funções biológicas, assim como o desequilíbrio homeostático, cuja principal manifestação clínica é uma parada geral oxidativa em células e tecidos, o que lhe atribui grande relevância em processos patológicos decorrentes da geração dessas moléculas (AZEVEDO, 2019).

Qualquer situação que provoque alteração de volume, tamanho ou tempo de vida, quantidade de hemoglobina, elasticidade da membrana eritrocitária ou viscosidade sanguínea, influencia diretamente a integridade de membrana (RODGERS; YOUNG, 2018). Apesar de apresentarem um metabolismo mínimo que é responsável pela manutenção da estrutura, da membrana, da hemoglobina, da forma e da defesa contra o dano oxidativos. Os eritrócitos se tornam particularmente susceptíveis à oxidação pelo O<sub>2</sub> e suas espécies reativas e, assim, diversos parâmetros da integridade e funcionalidade das hemácias são negativamente afetados pelo aumento do estresse oxidativo. Deste modo, os eritrócitos se apresentam como marcadores biológicos sensíveis das agressões tóxicas e oxidantes causadas pelo estresse oxidativo (BARDYN; TISSOT; PRUDENT, 2018; SANFORD et al., 2017).

As hemácias são suscetíveis também às alterações de pH sanguíneo devido a modificações do equilíbrio ácido-base, como pode ocorrer em casos de doenças renais. O estresse oxidativo também é um fator responsável por causar hemólise, que pode acarretar a danos na membrana celular dos eritrócitos e causar aumento da fragilidade das hemácias (KATO et al., 2018).

## **ALTERAÇÕES NAS HEMÁCIAS DECORRENTE DE MUDANÇAS DO MEIO**

A hemólise, é uma das causas mais comuns de erros pré-analíticos e pode ser definida como um rompimento da membrana da hemácia, que provoca liberação da hemoglobina e de outros compostos presentes no plasma sanguíneo, podendo ser originada in vivo e/ou in vitro (POSSATO, 2019).

A hemólise ocorre quando as células sanguíneas são perturbadas devido à turbulência durante o processo de coleta ou análise, resultando em lise celular e liberação de potássio intracelular. Muitos fatores são conhecidos também por provocar a hemólise in vitro e interferir no teste de danos induzidos por fluxo, incluindo propriedades do sangue, características das hemácias e composição do plasma (NIKFAR et al., 2020).

A Hemólise in vivo ocorre no corpo em várias condições, por exemplo pode ser causada em casos de anemia hemolítica, ingestão de medicamentos, infecções, entre outras. Já a hemólise in vitro ocorre fora do corpo e pode ser vista em sangues estocados por muito tempo, relacionados a forma que aconteceu a punção sanguínea, ou em decorrência de falhas pré-analíticas em geral (DB DIAGNÓSTICOS, 2021).

A hemólise in vivo, acontece como consequência da morte prematura de glóbulos vermelhos (hemácias) na circulação, o que pode causar anemia hemolítica, caso a medula óssea ativa esteja incapaz de compensar a quantidade de degradação de hemácias perdidas. São necessárias Investigações complementares em combinação com a clínica do paciente, os exames físicos e esfregaço de sangue periférico são essenciais para conseguir a diferenciação de hemólise in vivo ou in vitro (TOLAN, 2016).

A integridade da membrana eritrocitária é essencial para proteger a célula contra oxidação, para manter a quantidade e qualidade ideal da hemoglobina, assim como condições plasmáticas adequadas. Ou seja, quando existe alguma alteração em algum desses componentes, seja por doenças, ou por agentes agressores e tóxicos os eritrócitos podem sofrer alterações no tamanho (anisocitose), na sua morfologia, e apresentar inclusões em seu interior, caracterizando assim, a chamada poiquilocitose (AZEVEDO, 2019).

## CONCLUSÃO

O presente estudo relata que a exposição prolongada à radiações ionizantes, sem os devidos cuidados necessários, pode ser altamente prejudicial a saúde humana. Principalmente, em relação aos danos hematológicos que podem ser causados diretamente na célula presente em maiores quantidades, o eritrócito. Por isso, é essencial seguir as normas da radioproteção, bem como incentivar a segurança radiológica dos indivíduos que trabalham em ambientes laborais onde são expostos rotineiramente e conscientizar o público sobre a importância da segurança radiológica.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA, et.al. Nano alterações da estrutura da membrana em eritrócitos humanos armazenados e irradiados com raios gama. **International Journal of Radiat Biology**, v. 93, n. 12, 2017.

ALMEIDA, M. S.; MELO, C. X.; ALMEIDA, M. M. M. Causas de alterações morfológicas nos glóbulos vermelhos que comprometem o resultado do laudo clínico. **Revista de Ciências da Saúde Nova Esperança**, v. 10, n. 1, 2012.

AZEVEDO, M. R. A. **Hematologia Básica: Fisiopatologia e Diagnóstico Laboratorial**, 6.ed. Rio de Janeiro: Thieme Revinter Publicações Ltda, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788554651381/>>. Acesso em: 15 abr. 2023.

BARDYN, M.; TISSOT, J.-D.; PRUDENT, M. Oxidative stress and antioxidant defenses during blood processing and storage of erythrocyte concentrates. **Transfusion Clinique et Biologique**, v. 25, n. 1, 2018.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução - RDC Nº 330, de 20 de dezembro de 2019**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-330-de-20-de-dezembro-de-2019-235414748?inheritRedirect=true>>. Acesso em 5 abril 2023.

BRASIL, COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Diretrizes básicas de proteção radiológica**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/pdf/Nrm301.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DA ECONOMIA/SECRETARIA ESPECIAL DE PREVIDÊNCIA E TRABALHO. **Portaria nº 6.734, de 9 de março de 2020**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-6.734-de-9-de-marco-de-2020247886194?inheritRedirect=true&redirect=%2Fweb%2Fquest%2Fsearch%3FqSearch%3DPORTARIA%2520N%25C2%25BA%25206.73>>. Acesso em: 8 abr. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Portaria n. 485, de 11 de novembro de 2005**. Brasília, DF, 2005. Disponível em: <<https://www20.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/legislacao/item/portaria-n-485-de-11-de-novembro-de-2005>>. Acesso em: 2 abril 2020.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999**. Brasília, DF, 1999. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19782.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19782.htm)>. Acesso em: 5 de abr. 2023.

BRAUNSTEIN, E. M. **Produção de eritrócitos**, Johns Hopkins University School of Medicine, 2022. Disponível em: <<https://www.msmanuals.com/pt/profissional/hematologia-e-oncologia/abordagem-ao-paciente-com-anemia/produ%C3%A7%C3%A3o-de-eritr%C3%B3citos>>. Acesso em: 8 abr. 2023.

BUONOCORE, T. C. C et al. Energia das radiações: radioatividade natural e artificial, radiações ionizantes e excitantes. **Unisanta Bio Science**, v. 8, n. 4, 2019. Disponível em: <<https://periodicos.unisanta.br/index.php/bio/article/view/1969/1574>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

CALA, V. L. C. Variaciones del hemograma en personal de salud expuesto a radiaciones ionizantes, en los hospitales de tercer nivel, Sucre 2011. **Tópicos Selectos de Química**, v. 1, n. 1, 2014.

CASCÓN, A. Exámenes Periodicos Para Personal Expuesto a Radiaciones Ionizantes En Argentina. In: X Congreso Regional Latinoamericano IRPA de Protección y Seguridad Radiológica, 2015, Buenos Aires. **Anais Eletrônicos**. Buenos Aires: Sociedad Argentina De Radioprotección, 2015. Disponível em: <<http://www.irpabuenosaires2015.org/Archivos/tr-completos/irpa/CASCONimerase.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2023.

- CONTI, A. O **Hemograma completo: novas ferramentas para um exame tradicional**. Cascavel, PR, 2018. Disponível em: <<https://alvaroapoio.com.br/inovacao/o-hemograma-completo-novas-ferramentas-para-um-exame-tradicional>>. Acesso em: 1 abr. 2023.
- CORREIA, D. B. B.; BATISTA, A. C.; PAIVA, S. Y. O perfil de formação de professores da educação profissional que atuam em instituições privadas no RN: uma análise a partir das vozes dos docentes do eixo geral. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 1, n. 12, 2017.
- CORREIA, O. **Radiação e suas aplicações no cotidiano**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciando em Física). Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO. 2022. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5017/1/TCC%20-%202%20-%20OSNI%20-%20pronto%20-%20pdf.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2023.
- DB DIAGNÓSTICOS. **Hemólise-flyer**. São José dos Pinhais, PR, 2021. Disponível em: <<https://www.diagnosticsdobrasil.com.br/material-tecnico/hemolise-flyer>>. Acesso em: 1 abr. 2023.
- DODT, R. C. M. et al. Estudo experimental de uma intervenção educativa para promover a auto eficácia materna na amamentação. **Revista Latino-Americana**, v. 23, n. 4, 2015.
- FAILACE, R. **Hemograma**: manual de interpretação, 6.ed. São Paulo: Artmed Editora, 2015. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582712290/>>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- FERREIRA, R. **Efeitos da radiação no corpo**. Radioproteção na prática, 2021. Disponível em: <<https://radioprotecaonapratica.com.br/efeitos-da-radiacao-no-corpo-humano/>>. Acesso em: 15 abr. 2023.
- FILHO, F. A. A. **Geração e aplicação de raio x**, 1.ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536531830/>>. Acesso em: 01 abr. 2023.
- FILIPPI, M. D.; GHAFFARI, S. Mitochondria in the maintenance of hematopoietic stem cells: new perspectives and opportunities. **Blood, The Journal of the American Society of Hematology**, v. 133, n. 18, 2019.
- FRANCO, L. W. **Radiação uv: efeitos, riscos e benefícios à saúde humana – proposta de sequência didática para o ensino de física**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente-SP, 2018.
- GUIDETTI, A. M. et al. O Impacto Da Exposição À Radiação Nos Exames De Imagem Para O Paciente: Revisão De Literatura. **Connection Line - Revista Eletrônica Do Univag**, v. 1, n. 15, 2016.
- HELERBROCK, R. H. **Radiações ionizantes: O que é radiação ionizante?**. Mundo educação, 2023. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/radiacao-ionizante.htm>>. Acesso em: 13 abr. 2023.
- HEYDARHEYDARI, S.; HAGHPARAST, A.; EIVAZI, M.T. Um novo método de dosimetria biológica para monitorar a exposição ocupacional à radiação em enfermarias diagnósticas e terapêuticas: da dosimetria da radiação aos efeitos biológicos. **J Biomed Phys Eng**, v. 6, n. 1, 2016.
- JÚNIOR, C. A. M.; ABRAMOV, D. M. **Biofísica Conceitual**, 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan-Grupo GEN, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527738187/>>. Acesso em: 31 maio 2023.
- KATO, G. J. et al. Anemia falciforme. **Nat Rev Dis Primers**, v. 4, n. 1, 2018.

KIM, G. et al. Functional and morphological evaluation of blue light-emitting diode-induced retinal degeneration in mice. **Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology**, v. 254, n. 4, 2016.

LABARBA, A. A. et al. Hematopoese: a importância para a homeostase. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 6, n. 2, 2023.

LACES- LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS EM SAÚDE. **Atlas virtual de hematologia: Eritropoese**. Goiânia, GO, 2022. Disponível em: <<https://laces.icb.ufg.br/p/19038-atlas-virtual-de-hematologia>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MACEDO, Y. C. L. **Proposta e análise de um circuito para neoformação tecidual**. 2015. Monografia (Bacharelado em Engenharia Eletrônica) - Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MACHADO, L. P. et al. Lesão oxidativa eritrocitária e mecanismos antioxidantes de interesse na Medicina Veterinária. **Revista de Ciências Agro veterinárias**, v. 8, n. 1, 2009.

MARTINS, A. C. Á. et al. Avaliação dos Resultados de Amostras com Diferentes Graus de Hemólise em Dosagens de Colesterol / Avaliação dos Resultados de Amostras com Diferentes Graus de Hemólise em Ensaios de Colesterol. **Revista Brasileira de Desenvolvimento** v. 7, n. 8, 2021.

NAVARRO, M. V. T.; LEITE, H. J. D.; ALEXANDRINO, J. C. Controle de riscos à saúde em radiodiagnóstico: uma perspectiva histórica. **História, Ciências, Saúde – Manguinho**, v. 15, n. 4, 2008.

NIKFAR, M. et al. Prediction of mechanical hemolysis in medical devices via a Lagrangian strain-based multiscale model. **Artificial organs**, v. 44, n. 8, 2020.

ODA, A. et al. Niche-induced extramedullary 107 hematopoiesis in the spleen is regulated by the transcription factor Tlx1. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, 2018.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**, 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

PEREIRA, M. E. T. et al. Avaliação da citotoxicidade em hemácias de humanos do extrato etanólico de *Praxelis clematidea* (Griseb.). **Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.**, v. 51, n. 2, 2022.

POSSATO, N. Hemólise in vitro na fase pré-analítica. Hemólise. **Academia de ciência e tecnologia ac&t**. 2019. Disponível em: <[http://www.ciencianews.com.br/arquivos/ACET/IMAGENS/biblioteca-digital/hematologia/padronizacoes\\_hemato/12.pdf](http://www.ciencianews.com.br/arquivos/ACET/IMAGENS/biblioteca-digital/hematologia/padronizacoes_hemato/12.pdf)>. Acesso em: 2 abr. 2023.

RENARD, G.; LEID, J. Les dangers de la lumière bleue: la vérité! **Journal Français d'Ophtalmologie**, v. 39, n. 5, 2016.

RODGERS, G. P.; YOUNG, N. S. **Manual Bethesda de hematologia clínica**, 3.ed. Rio de Janeiro: Thieme Revinter Publicações LTDA, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788554650476/>>. Acesso em: 01 abr. 2023.

RODRIGUES, A. P. P. et al. O PARADOXO DAS RADIAÇÕES X. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, v. 5, n. 4, 2019.

RUAS, A. C. **O Tripulante de Aeronaves e a Radiação Ionizante**, 1. São Paulo: Bianch, 2017.

SANFORD, K. et al. Attenuation of red blood cell storage lesions with vitamin C. **Antioxidants**, v. 6, n. 3, 2017.

SANTOS, T. **Riscos a exposição à radiação ionizante em tripulantes de linha aérea**, 2018. Monografia (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça- SC, 2018.

SEVERO, F. E. **Alterações hematológicas decorrentes da exposição ocupacional as radiações ionizantes**: uma revisão de literatura. 2020. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em biomedicina) - Centro Universitário Dr. Leão Sampaio, Juazeiro do Norte, CE, 2020.

SILVEIRA, R. S. **A compreensão do hemograma para profissionais não médicos**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) –Academia de Ciência e Tecnologia, São José do Rio Preto, 2015.

SOUZA, L. Radiação não ionizante: Entenda os riscos. **Saúde e segurança do trabalho-SST Online**, 2019. Disponível em: <<https://www.sstonline.com.br/radiacao-nao-ionizante-entenda-tudo-sobre/>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

TOLAN N. V. et al. Iniciativa de qualidade da unidade de terapia intensiva neonatal: identificando variáveis pré- analíticas que contribuem para a hemólise da amostra e medindo o impacto das intervenções práticas baseadas em evidências. **Am J Clin Pathol**. v. 146, n. 1, 2016.

TOLEDO, J. C. B. **Alteraciones producidas por radiaciones ionizantes en las células sanguíneas en el personal de Medimagen**, Cuenca 2018. 2019. Dissertação (Mestrado em Saúde e Segurança no Trabalho), Universidad del Azuay, Cuenca, 2019.

UNSCEAR, COMITÉ CIENTÍFICO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA OS EFEITOS DA RADIAÇÃO ATÔMICA. **Radiação**: efeitos e fontes. Viena, 2016. Disponível em: <<https://www.unscear.org/unscear/en/publications/booklet.html>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

WALTER, A. W. **Anemia perinatal**. Manual MSD. 2019. Disponível em: <<https://www.msdmanuals.com/pt-br/profissional/pediatria/dist%C3%BArbios-hematol%C3%B3gicos-perinatais/anemia-perinatal>>. Acesso em: 1 abr. 2023.

WEIHANG, J. et al. Eritrócitos como portadores de terapêutica baseada em imunoglobulina. **Acta Biomater**, v. 101, n. 1, 2020.

YANG J. H. Eficácia de um sistema de desinfecção ultravioleta-C para redução de patógenos associados à assistência à saúde. **Jornal de Microbiologia, Imunologia e Infecção**. v. 52, n. 3, 2019.

ZATTAR, L. et al. **Radiologia diagnóstica prática**, 2.ed. São Paulo: Editora Manole, 2022. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555767841/>>. Acesso em: 02 abr. 2023.