

UNILEÃO
CENTRO UNIVERSITÁRIO LEÃO SAMPAIO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOMEDICINA

APARECIDA LÍVIA RIBEIRO SANTOS

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA FRAGILIDADE ERITROCITÁRIA FRENTE A LUZ
ULTRAVIOLETA (UV) E *LIGHT-EMITTING DIODE* (LED)**

Juazeiro do Norte –CE
2023

APARECIDA LÍVIA RIBEIRO SANTOS

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA FRAGILIDADE ERITROCITÁRIA FRENTE A LUZ
ULTRAVIOLETA (UV) E *LIGHT-EMITTING DIODE* (LED)**

Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo científico, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Biomedicina do Centro Universitário Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de bacharel em Biomedicina.

Orientador: Prof. Me. José Walber Gonçalves Castro

Juazeiro do Norte –CE
2023

**AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA FRAGILIDADE ERITROCITÁRIA FRENTE A LUZ
ULTRAVIOLETA (UV) E *LIGHT-EMITTING DIODE* (LED)**

Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo científico, apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Biomedicina do Centro Universitário Leão Sampaio, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de bacharel em Biomedicina.

Orientador: Prof. Me. José Walber Gonçalves Castro

Data de aprovação: 29/11/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof(a): Me. José Walber Gonçalves Castro
Orientador

Prof(a): Esp. Vanessa Lima Bezerra

Examinador 1

Prof(a): Me. Gustavo Marinho Miranda
Examinador 2

*Dedico esse trabalho ao meu pai e a
minha mãe que estão sempre comigo
acreditando nos meus sonhos...*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser minha fortaleza em todos os momentos, e por me conceder tantas bênçãos, que foram muito além do meu pensar.

Agradeço a minha mãe, por nunca me deixar sozinha, por rezar por mim e estar sempre ao meu lado, lutando minhas lutas comigo, sendo minha rocha e motivo pra continuar todos os dias, mesmo quando minha vontade era desistir. Ao meu pai, por sempre estar comigo, segurando em minha mão e me apoiando em tudo. Todas as viagens que fizemos juntos em busca dos meus sonhos, nunca esquecerei.

As minhas irmãs, Lais e Letícia, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim!

Agradeço à meus avós, D. Socorro, por tudo que já fez por mim, por estar presente em todos os momentos e Seu Zé (in memoriam), sei que está feliz por esse momento. E aos meus tios, Vandinha, Tio, Tio Getúlio, Tio Manim e a minha Madrinha, muito obrigada por me apoiar e ajudar em tudo que eu precisei durante esse tempo.

Ao meu namorado, agradeço por estar sempre vibrando por mim, me apoiando em cada coisinha que faço e me incentivando a ser uma pessoa melhor.

A todos os meus amigos de infância e pessoas que conheci ao longo desse tempo, que torcem por mim e já me incentivaram em algum momento de angústia, muito obrigada!

Agradeço, a coordenadora Ana Ruth, e a todos os profissionais que somaram em minha formação, e deixaram uma marca em mim.

Agradeço de coração, ao meu querido orientador, Walber, por quem eu tenho uma enorme admiração. Obrigada por tamanha dedicação e por toda paciência comigo e com minhas formatações. Você foi essencial para eu me tornar quem eu sou hoje!

Finalizo com um trecho de um poema de Marquinhos da Serra, que se tornou muito importante para mim e para meus pais:

“Me formei, Mãe! Me formei...
Sei que ainda tive sorte;
Que a jornada foi difícil;
mas com tanto sacrifício, aprendi a ser forte;
Sem Deus não há quem suporte passar pelo tempo ruim;
Consegui! Passei, enfim, me sinto realizado;
Minha mãe, muito obrigado por ter rezado por mim;
Painha, essa lucidez, e a nossa fraternidade;
Garanto mais da metade, eu aprendi com vocês;
Tirar da feira do mês pra que eu levasse um bocado;
Ainda me dava um trocado, embora ficasse liso;
É por isso que eu preciso, dizer muito obrigado!
A mão de Deus abençoa tudo quanto o homem faz;
Sabendo que ele é capaz de ter atitude boa;
Até os erros perdoa, lhe conduzindo pra trilha;
por isso meu mundo brilha;
Eu sei do lugar que venho.
Toda vitória que tenho, dedico a minha família!

AVALIAÇÃO *IN VITRO* DA FRAGILIDADE ERITROCITÁRIA FRENTE A LUZ ULTRAVIOLETA(UV) E *LIGHT-EMITTING DIODE* (LED)

Aparecida Livia Ribeiro Santos¹;
José Walber Gonçalves Castro².

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar as alterações que podem surgir em decorrência da exposição a radiação *UV* e *LED* sobre os glóbulos vermelhos. As amostras foram colhidas através de punção venosa em tubo de citrato de sódio, após esclarecimento, consentimento dos voluntários e direcionamento para o laboratório, onde os devidos testes foram realizados. As hemácias foram expostas a uma fonte de radiação onde as hemácias foram expostas a diferentes concentrações de Luz *UV* de 20 Watts entre 200 e 400 nm e luz de *LED* vermelha de 3 Watts de 650 nm. Após centrifugação, os sobrenadantes das concentrações de hemácias foram analisadas no espectrofotômetro, no filtro de 540 nm, e com o sedimento foi realizado o esfregaço corado com *Leishman*. Os resultados foram analisados pelo ANOVA bidirecional através do modelo de regressão linear e teste de Tukey por comparação múltipla no *software GraphPad Prism 7.0*® e os resultados em $p < 0.01$ foram considerados estatisticamente significativos. Os resultados do presente estudo indicam que houve hemólise significativa nas concentrações de 500 µg/ mL e de 1000 µg/ mL da luz *UV*, já na Luz *LED*, não houve resultados significativos, apesar disso ambas causaram os poiquilocitos. Quando as radiações interagem podem acarretar problemas de saúde por terem capacidade de influenciar os corpos depositando neles energia, bem como de acelerar várias reações químicas em nível celular. Portanto, quanto maior a exposição maior o dano celular. Por isso, recomenda-se que novos estudos sejam produzidos para verificar os efeitos causados a longo prazo no organismo.

Palavras-chave: Eritrócitos. Luz *LED*. Luz *UV*. Radiação.

IN VITRO EVALUATION OF ERYTHROCYTE FRAGILITY TO ULTRAVIOLET LIGHT (UV) AND LIGHT-EMITTING DIODE(LED)

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the changes that may arise as a result of exposure to UV and LED radiation on red blood cells. The samples were collected through venipuncture in a sodium citrate tube, after clarification, consent from the volunteers and direction to the laboratory, where the appropriate tests were carried out. The exposure of red blood cells was produced by a radiation source where the red blood cells were exposed to different concentrations of 20 Watt UV light between 200 and 400 nm and 3 Watt red LED light at 650 nm. After the appropriate tests, the supernatant was analyzed using a spectrophotometer, using a 540 nm filter, and a Leishman-stained smear was performed with the sediment. The results were analyzed by two-way ANOVA using the linear regression model and Tukey's test by multiple comparison in the GraphPad Prism 7.0® software and results at $p < 0.01$ were considered statistically significant. The results of the present study indicate that there was significant hemolysis at concentrations of 500 µg/mL and 1000 µg/mL of UV light, whereas with LED light, there were no significant results, despite this both giving rise to poikilocytes.

¹ Discente do curso de Biomedicina. liviasantosribeiro2018@gmail.com. Centro Universitário Leão Sampaio.

² Docente do curso de Biomedicina. josewalber@leaosampaio.edu.br. Centro Universitário Leão Sampaio.

When radiation interacts with body tissue, it can cause health problems as it has the ability to influence bodies by depositing energy in them, as well as accelerating various chemical reactions at the cellular level. Therefore, the greater the exposure, the greater the cellular damage. Therefore, it is recommended that new studies be carried out to verify the long-term effects on the body.

Keywords: Erythrocytes. Led light. UV light. Radiation.

1 INTRODUÇÃO

O sangue é um tecido conjuntivo líquido 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).

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). A Eritropoese 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 eritropoietina (EPO), e a partir daí se diferenciam (Weihang *et al.*, 2020).

A radiação possui grande importância nas ciências da área médica, mas essa energia tem capacidade de ser nociva e potencialmente tóxica ao organismo humano. Podem ser encontradas no cotidiano, por exemplo, em iluminação de interiores por lâmpadas de *LED*, em telas de televisão, computadores, *tablets* e *smartphones*. Porém sejam elas utilizadas em telas, ou não, apresentam riscos se seu uso for a curtas distâncias ou por tempo prolongado (Correia, 2022).

As lâmpadas de *LED* possuem propriedades quânticas e ondulatórias do diodo emissor, e comumente são utilizadas na estética por suas atividades calmantes, cicatrizantes, antiinflamatórias e antioxidantes. Quando usadas de forma incorreta ou intensidades diferentes, pode haver uma ligação vital entre eletrônica e fotônica que pode trazer danos ainda não descritos na literatura (Oliveira *et al.*, 2020).

A radiação *UV* é uma das radiações que compõem a radiação solar, as faixas 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).

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 têm mais que outros (Buonocore *et al.*, 2019; Guidetti *et al.*, 2016).

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.

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. Por isso, os eritrócitos podem apresentar alterações morfológicas que levam a hemólise quando expostos à luz *UV* e à luz *LED*. Diante disso, este trabalho tem por objetivo avaliar as alterações que podem surgir em decorrência da exposição a essa energia.

2. METODOLOGIA

Esta pesquisa trata-se de um estudo experimental, que inclui uma pré-tese para testar uma hipótese, em que se quantificou, em diferentes concentrações, presença de efeitos citotóxicos. Ademais, escolheu-se um enfoque dedutivo na medida em que se pretende comparar as divergências ou convergências de outros estudos já finalizados. Os experimentos foram realizados nos laboratórios de Microbiologia e Hematologia do Centro Universitário Doutor Leão Sampaio-UNILEÃO, Campus Saúde (Dodt *et al.*, 2015).

2.1 ASPECTOS ÉTICOS

A coleta das amostras sanguíneas passaram por avaliação do Comitê de Ética em pesquisa do Centro Universitário Doutor Leão Sampaio, e obteve aprovação com o parecer de número 6.288.103 afim de cumprir as Resoluções do Conselho Nacional de Saúde: CNS 466/12 e Resolução CNS 510/16, passando por submissão da Plataforma Brasil.

2.2 AVALIAÇÃO DO EFEITO TOXICOLÓGICO EM HEMÁCIAS

As amostras sanguíneas foram obtidas por meio de punção venosa em um tubo com o anticoagulante Citrato de Sódio, que evita a coagulação do sangue e mantém sua integridade para fins de análise. A coleta foi realizada em voluntários, após termos de pleno consentimento e esclarecimento da sua utilização. Para os ensaios as hemácias passaram por 6 lavagens com salina com centrifugação de 3500 rpm por 15 seg. cada. A coleta das amostras sanguíneas passaram por avaliação do Comitê de Ética em pesquisa do Centro Universitário Doutor Leão Sampaio, e obteve aprovação com o parecer de número 6.288.103 a fim de cumprir as Resoluções do Conselho Nacional de Saúde: CNS 466/12 e Resolução CNS 510/16, passando por submissão da Plataforma Brasil.

O teste teve como base os estudos de Pereira *et al.* (2022) com os protocolos de adaptação. Após as formulações das concentrações das hemácias em 10, 25, 50, 100, 250, 500 e 1000 µg/ mL, ocorreu a incubação das mesmas no Banho Maria a 37 °C de 15 a 30 minutos. As hemácias em suas concentrações foram expostas a Luz UV de 20 Watts entre 200 e 400 nm e luz de LED vermelha de 3 Watts de 650 nm durante 20 minutos. Foi avaliada a intensidade e o tempo de exposição e também, foi realizado um controle comparativo dos tubos expostos e não expostos a luz.

Após essa etapa de incubação, ainda no banho maria foi adicionada a solução salina a 0,9% por um período de 30 minutos a 1 hora. Após isso os tubos foram centrifugados a 3500 rpm por 15 segundos, com isso, foi coletado o sobrenadante e levado a análise pelo espectrofotômetro com o filtro de absorbância em 540 nm, a fim de verificar se houve hemólise.

A análise do precipitado foi indispensável, realizada com a retirada de uma alíquota deste material para esfregaço sanguíneo e posteriormente coloração nomeada de

Leishman, após esse processamento as lâminas foram levadas a microscopia com observância na objetiva de 100x. Foi feita a leitura dos campos completos de toda a lâmina, obedecendo um padrão de deslizamento transversal longitudinal, contemplando o corpo do esfregaço com base nos estudos de Naoum; Naoum (2008).

2.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO DE AMOSTRAS

Como critérios de inclusão foram utilizadas amostras de pacientes adultos saudáveis de ambos os sexos, masculino e feminino, do mesmo tipo sanguíneo, coletados em um mesmo dia. Critérios de exclusão: amostras lipêmicas e/ou hemolisadas, de pacientes anêmicos, ou que possuíssem alterações hemolíticas.

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

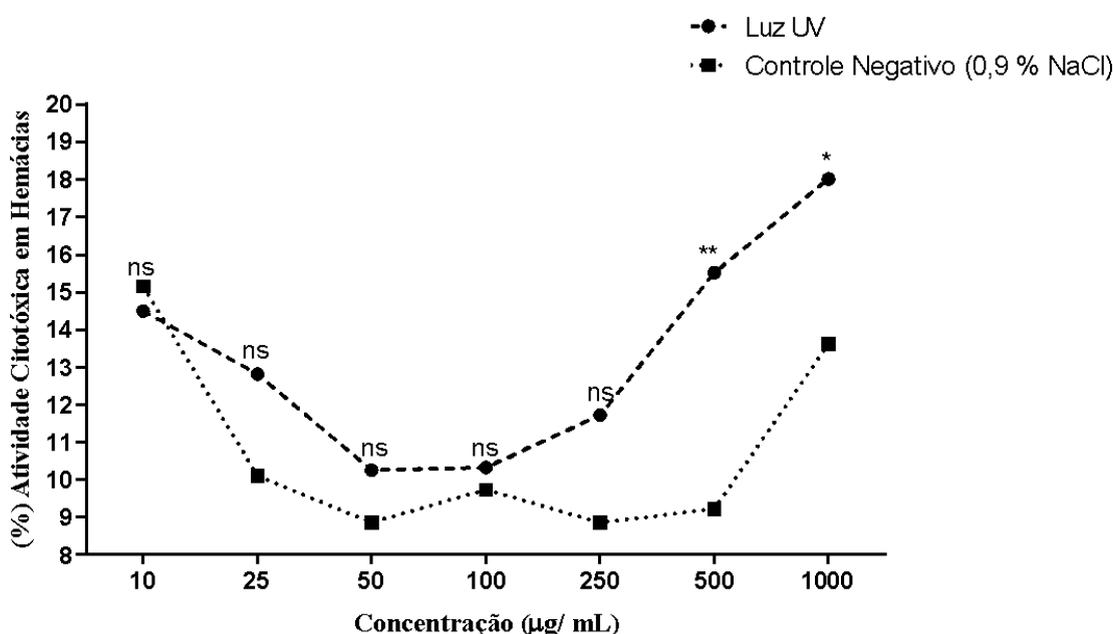
Os resultados dos ensaios foram avaliados pelo ANOVA bidirecional através do modelo de regressão linear e teste de Tukey por comparação múltipla. A análise estatística foi realizada através do *software GraphPad Prism 8.0®* e os resultados em $p < 0.01$, considerados estatisticamente significativos.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

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, segundo Rodrigues *et al.*, (2019), esse tipo de radiação oferece graves danos à saúde dos expostos. Os principais riscos associados a esse tipo radiação estão relacionados em sua capacidade de gerar radicais livres e de conseqüentemente promover acentuadas alterações relevantes nas células, principalmente nas que apresentam maior atividade mitótica.

Os resultados da leitura dos sobrenadantes das concentrações feita no espectrofotômetro e a análise das lâminas dos sedimentos vistas em microscópio óptico estão expostos em gráficos e imagens, respectivamente, para elucidação e exposição do padrão de significância das alterações hematológicas que foram causadas.

Gráfico 1: Fragilidade osmótica (citotoxicidade) de amostras expostas a luz UV (ULTRA VIOLETA).



As amostras de sangue em diferentes concentrações foram incubadas e expostas a luz UV (Ultra Violeta). A porcentagem de hemólise foi calculada e “curvas de fragilidade” foram traçadas plotando a porcentagem de hemólise do sangue exposto em relação ao controle negativo contendo 0,9% NaCl. Os resultados foram analisado por ANOVA de duas vias seguido do *Test Bonferroni*. “a” vs controle negativo quando * = $p < 0,01$, ** = $p < 0,001$ e *** = $p < 0,0001$. sn: Não significante. Foi usado o programa *GraphPad Prism 9.0*.

Fonte: própria da autora (2023).

A radiação ultravioleta 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).

De acordo com Yang (2019), 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 de DNA, que podem causar câncer ou teratogênese. Consoante, Ferreira (2021), dentro dos danos biológicos causados pelas radiações ionizantes, está as 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.

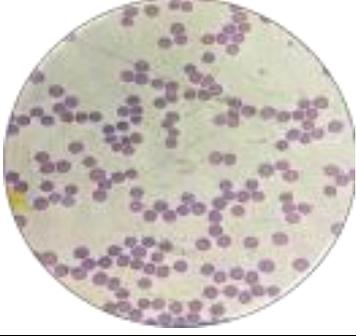
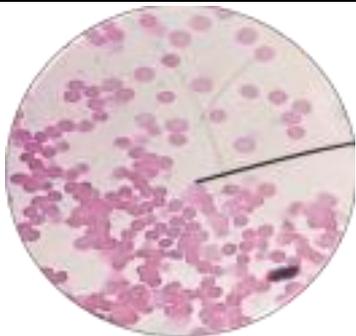
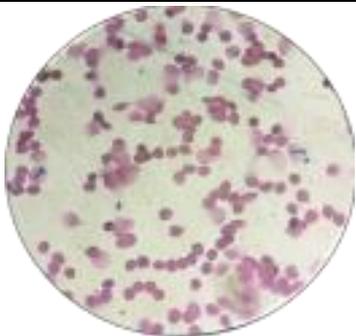
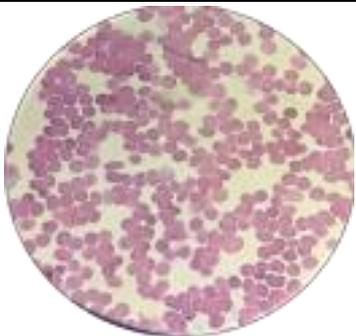
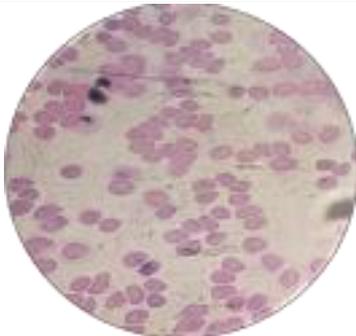
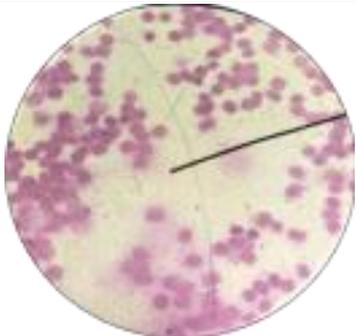
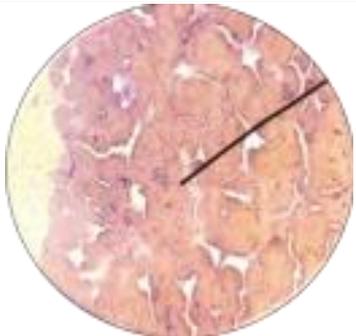
Os resultados do presente estudo indicam que houve hemólise significativa nas concentrações de 500 µg/ mL e de 1000 µg/ mL da luz *UV* como descrito no gráfico 1. Conforme Filho (2019), a alta exposição pode acarretar graves danos às células sanguíneas e aumentar o processo de hemólise precoce causado principalmente pelo estresse oxidativo que segundo Azevedo (2019), afeta negativamente a integridade e a funcionalidade do eritrócito.

Em conformidade, os estudos de Toledo (2019) e Cala (2014), descrevem que as radiações ionizantes possuem capacidade de gerar graves problemas no organismo, e nas células hematológicas em especial, e conseqüentemente 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 sistema sanguíneo.

Além disso, um estudo realizado por Santos (2018) mostra que a interação do material biológico com a radiação ionizante produz radicais livres e oferece grandes riscos de danos ao DNA celular. Que pode provocar hemólise e danos irreversíveis nas células, fazendo se multiplicarem incorretamente aumentando em altos níveis os riscos de problemas somáticos e genéticos .

Em congruência, Martins *et al.*, (2021), mostram que a exposição de longos períodos causa defeitos nos constituintes da membrana da hemácia, principal célula do sangue, podendo provocar alterações no volume, tamanho e tempo de vida. Conseqüentemente, resulta em episódios de ciclo de vida mais curto aos eritrócitos, ou seja, elas entram em um estado hemolítico.

Quadro 1. Visualização das hemácias expostos a luz ultravioleta (LUZ UV)

CONCENTRAÇÕES ($\mu\text{g/ mL}$)		
1000	500	250
		
100	50	25
		
10	CONTROLE NEGATIVO	CONTROLE POSITIVO
		

Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Obs: De todas as concentrações foram feitos esfregaços sanguíneos. Porém algumas não se coraram devido à hemólise, que resultou em falta de células na lâmina.

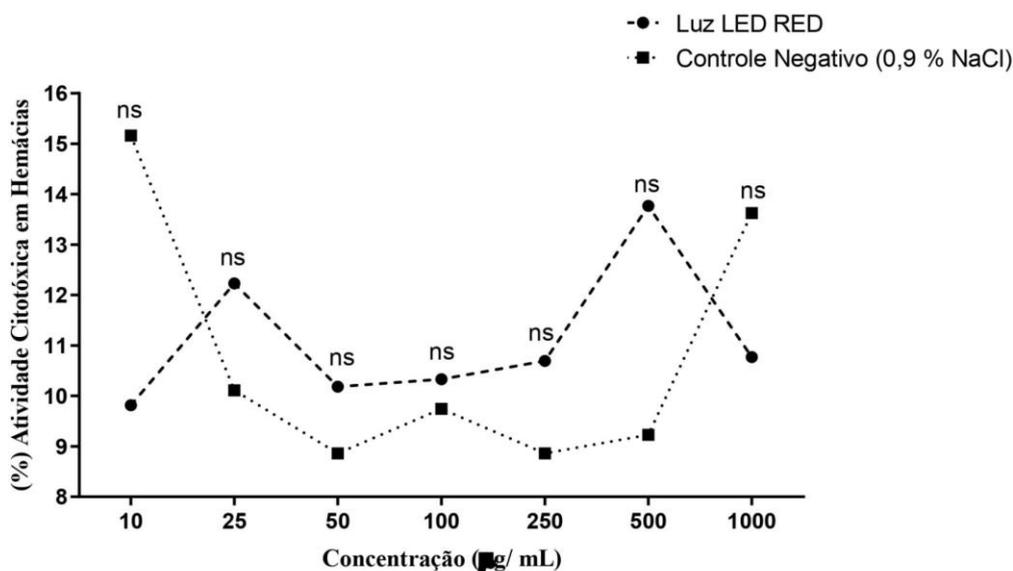
Segundo os escritos de Quadros; Junior (2022) quando as hemácias são expostas ao Teste de Fragilidade Osmótica avaliamos a resistência ou fragilidade (lise) destes quando submetidos à variações de concentrações. Esse teste é amplamente utilizado principalmente quando outros métodos mais modernos, como o de citometria de fluxo não estão disponíveis.

Apesar desta característica esse teste pode apresentar diversas limitações que vão desde erros operacionais como: incidências ambientais, além do tempo de execução da técnica que é exclusivamente manual e exige operação dedicada, o que neste estudo pode justificar os resultados heterogêneos.

Os esferócitos e esquizócitos foram os principais poiquilócitos encontrados, como demonstram o quadro 1. Baseado na dissertação de Azevedo (2019), quando existe alguma alteração em algum dos componentes de membrana dos glóbulos vermelhos, seja por doenças, ou por agentes agressores e tóxicos, esses podem sofrer alterações no tamanho (anisocitose), na sua morfologia, e apresentar inclusões em seu interior e formato, caracterizando assim, a chamada poiquilocitose.

De acordo com Naoum; Naoum (2008), o termo poiquilocitose ou também chamado de pecilocitose, trata-se de um termo indicativo da presença de células hematológicas com formatos anormais decorrentes de diferentes causas. Os mais comuns poiquilócitos são: equinócitos, acantócitos, estomatócitos, esferócitos, eliptócitos, leptócitos (células em alvo), dacriócitos, queratócitos, esquizócitos e outros.

Grafico 2: Fragilidade osmótica (citotoxicidade) de amostras expostas a luz LED (*Light Emitting Diode*).



As amostras de sangue em diferentes concentrações foram incubadas e expostas a luz LED (*Light Emitting Diode*). A porcentagem de hemólise foi calculada e “curvas de fragilidade” foram traçadas plotando a porcentagem de hemólise do sangue exposto em relação ao controle negativo contendo 0,9% NaCl. Os resultados foram analisado por ANOVA de duas vias seguido do *Test Bonferroni*. “a” vs controle negativo quando * = $p < 0,01$, ** = $p < 0,001$ e *** = $p < 0,0001$. sn: Não significante. Foi usado o programa *GraphPad Prism 9.0*.

Fonte: própria da autora (2023).

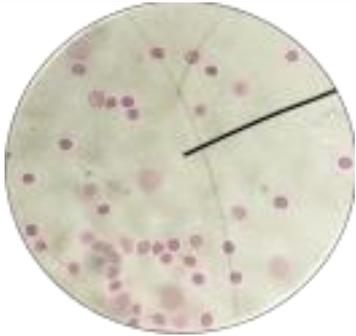
Na exposição dos eritrócitos à Luz *LED* Vermelha, os resultados gerados pelo gráfico 2 indicam sugestividade de hemólise acima da concentração de 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (não testada neste artigo), em decorrência da sua toxicidade cumulativa.

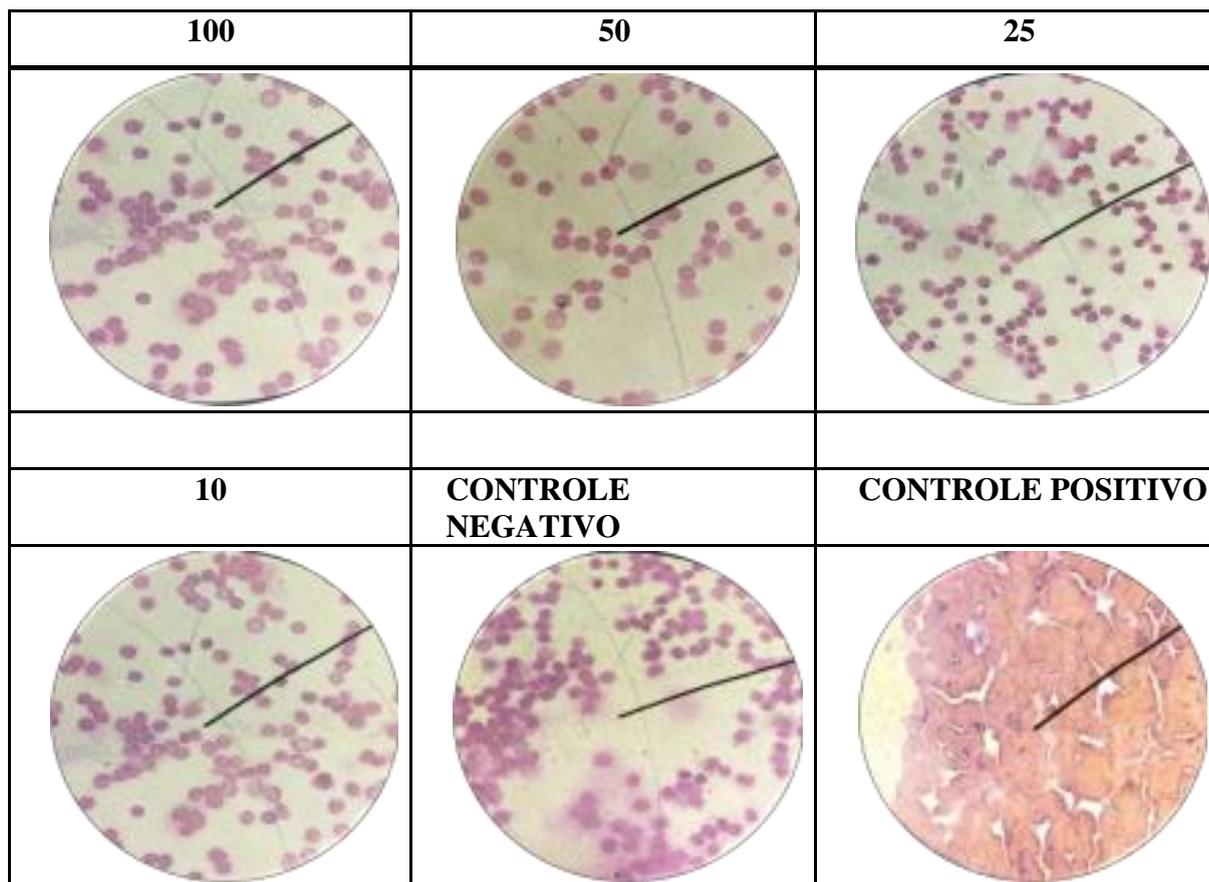
A luz de *LED* vermelha tem a função bioestimulante e regeneradora atuando como anti-inflamatório, estimuladora de colágeno e elastina. Sua atividade biológica aumenta a permeabilidade e tonificação cutânea. Além do combate linhas de expressão, rugas, cicatrizes e manchas, conforme Reis *et al.* (2023), a luz vermelha apresenta excelente desempenho quando está em meio aquático, mesmo aumentando a sua intensidade o impacto da transmissão é mínimo, como representado neste estudo.

Segundo o estudo de Zattar *et al.*, (2022), 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.

Consonantemente Kim *et al.*, (2016), com a exposição aumentada da luz *LED*, as células fotossensíveis potencializam 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 de apoptose.

Quadro 2. Visualização das lâminas da *LIGHT-EMITTING DIODE RED* (LUZ RED)

CONCENTRAÇÕES ($\mu\text{g}/\text{mL}$)		
1000	500	250
		



Fonte: Elaborada pela autora (2023).

Essa fototerapia pode ser utilizada no processo de cicatrização. Moura *et al.*, (2014) cita que o *LED* provoca o aumento da circulação local, proliferação celular e síntese de colágeno melhorando o metabolismo oxidativo mitocondrial e a produção de energia, levando a um estímulo do reparo tecidual. Esse reparo estimula neoangiogênese que está associada ao aumento da mitose através da formação de novos tecidos ou alterações na multiplicação celular, corroborando o que propõe este artigo científico, ausência de hemólise com alteração na morfologia.

Foi observado que o contato da radiação *LED*, causou alterações morfológicas nas hemácias, originando alguns poiquilócitos e achados como a policromasia em lâmina ver quadro 2. Os esferócitos e equinócitos foram as poiquilocitoses predominantes. Segundo Rodrigues *et al.*, (2019), quando os eritrócitos sofrem transformações em sua morfologia, a causa pode estar relacionada a defeitos e complicações que envolvem a membrana celular, como alterações de Ph, traumas mecânicos, hemólise e outros.

No estudo de Acosta *et al.*, (2017), 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 e de formatos anormais após a irradiação com raios γ em amostras de sangue total de voluntários saudáveis.

3. CONCLUSÃO

O presente estudo relata as alterações significativas causadas nos eritrócitos após a exposição das radiações da Luz Ultravioleta e *Light-Emitting Diode*. As principais alterações encontradas foram à hemólise precoce através da fragilidade osmótica ligada a concentração e o surgimento de poiquilócitos visualizados em lâmina.

Além disso, vale salientar, que quanto maior a exposição por longos períodos maior o dano celular. Por isso, recomenda-se que novos estudos sejam produzidos para que haja frequência em estudar os efeitos causados em longo prazo que a exposição à radiação pode causar ao organismo.

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.

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: 06. Nov. 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: 06 Nov. 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.

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-%20202%20-%20OSNI%20-%20pronto%20-%20pdf.pdf>>. Acesso em: 06 Nov. 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.

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: 06 Nov. 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: 06 Nov. 2023.

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.

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: 06 Nov. 2023.

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.

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.

MOURA, R. O. *et al.* Efeitos da luz emitida por diodos (LED) e dos compostos de quitosana na cicatrização de feridas: Revisão sistemática. **Revista de ciências farmacêuticas Básica e aplicada**, v. 4, n. 8, 2014.

NAOUM, P. S. ; NAOUM, F. A. **Hematologia laboratorial: Eritrócitos**. 2. ed. São José do Rio Preto-SP: Academia de ciência e tecnologia (AC&T), 2008. Disponível

em:<https://www.ciencianews.com.br/arquivos/ACET/IMAGENS/livros/aceso_gratui_to/Livro_completo%20-%20Hematologia%20Eritrocitos.pdf> Acesso em: 06 Nov. 2023.

OLIVEIRA, I. N. *et al.* Estudo das propriedades do Diodo Emissor de Luz (LED) para a determinação da constante de Planck numa maquete automatizada com auxílio da plataforma Arduino. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 42, n. 7, 2020.

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.

QUADROS, A. O. ; JUNIOR, L. C. B. **Vantagens do teste de fragilidade osmótica com amostras analisadas após incubação por 24h a 37° C em banho- maria.** Monografia (Pós-graduação em análises clínicas)- Universidade Federal do Pará, PA, 2022.

REIS, G.M. *et al.* **Comunicação óptica sem fio subaquática: Caracterização de desempenho da luz vermelha**, 2023. Monografia (Bacharelado em Ciências da Computação)- Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2023.

RODRIGUES, A. P. P. *et al.* O paradoxo das radiações x. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, v. 5, n. 4, 2019.

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.

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.

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: 06 Nov. 2023.