

Guilherme dos Santos Batalha

**SEGURANÇA E BOAS PRÁTICAS EM ATIVIDADES LABORATORIAIS COM  
FONTES DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTES**

Rio de Janeiro  
2021

Guilherme dos Santos Batalha

**SEGURANÇA E BOAS PRÁTICAS EM ATIVIDADES LABORATORIAIS COM  
FONTES DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTES**

Monografia apresentada à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Fundação Oswaldo Cruz (EPSJV/Fiocruz) como requisito parcial para aprovação no Curso Técnico em Biotecnologia.

Orientador(a): Sergio Ricardo de Oliveira

Rio de Janeiro  
2021

## AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao meu orientador, Sergio Ricardo de Oliveira, por aceitar conduzir o meu trabalho e pela dedicação do seu tempo escasso ao meu projeto de pesquisa. Agradeço suas contribuições nas correções, em aspectos técnicos e estruturais das quais contribuíram para um melhor desenvolvimento do trabalho, que certamente marcará minha trajetória acadêmica.

Agradeço à Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio e a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) pelo apoio institucional, estrutural e pela oportunidade de desenvolver esta monografia, propiciando momentos de desafio e aprendizagem que levarei pelo resto da vida.

À minha família por sempre terem me incentivado em relação aos estudos, sem o apoio e as oportunidades que eles me proporcionaram eu não teria chegado onde estou hoje.

A todos os integrantes do corpo docente do ensino médio e técnico da EPSJV, por me ensinar não somente o conteúdo programado, mas também diversos valores e visões ampliadas do mundo que levarei com muito carinho.

A todos os amigos incríveis que fiz durante essa jornada de quatro anos e meio, dos quais sempre pude contar com ajuda nos momentos necessários. Em especial, agradeço à minha amiga Giulia Brum por sempre me ouvir e dar apoio nos momentos apreensivos. À Larissa Emiliano pelo incentivo durante a reta final, e pelas longas conversas que tivemos que me fizeram abrir minha mente e ter outra perspectiva das coisas.

À banca avaliadora composta por Daniel Santos Souza e Marcos Otaviano da Silva, pela disponibilidade e pelas críticas que contribuíram para uma melhor elaboração e desenvolvimento do trabalho.

*“A menos que modifiquemos a nossa  
maneira de pensar, não seremos  
capazes de resolver os problemas  
causados pela forma como nos  
acostumamos a ver o mundo”.*  
*(Albert Einstein)*

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	5
2	OBJETIVOS.....	8
2.1.	Objetivo Geral .....	8
2.2.	Objetivos Específicos.....	8
3	JUSTIFICATIVA .....	9
4	METODOLOGIA.....	11
5	RADIAÇÕES ULTRAVIOLETAS E SEUS EFEITOS.....	12
6	BOAS PRÁTICAS EM LABORATÓRIO DE BIOTECNOLOGIA.....	20
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	30
	REFERÊNCIAS .....	31

## 1 INTRODUÇÃO

A palavra radiação tem sua origem no latim *radiatione* e expressa o ato ou efeito de radiar, ou seja, emitir luz ou calor, irradiar (HOUAISS, 2001). Porém na física o termo refere-se ao processo de emissão de energia de um ponto a outro, quer seja simplesmente por meio de uma onda quer seja na forma de matéria (RODITI, 2005). Este efeito de emissão ocorre em qualquer corpo, basta que ele tenha quantidades suficientes de energia para lançar em qualquer meio ou simplesmente no vácuo.

A radiação é um fenômeno estudado por inúmeros pesquisadores no decorrer do último século. As fontes de radiação podem ser tanto naturais quanto artificiais, porém as formas de propagação variam de acordo com características de fonte, ionizante e não ionizante; ou de acordo com o meio condutor desta energia, eletromagnética ou corpuscular (OKUNO & VILELA, 2005).

Atualmente, a utilização do efeito da radiação está presente em diversas áreas científicas e em inúmeras aplicações, que vão desde ações básicas para a sociedade, como a produção de energia elétrica, até uso direto no âmbito da indústria, pesquisa básica, saúde, entre outras áreas científicas (XAVIER et al., 2007).

Entretanto, quando é mencionada a palavra “RADIAÇÃO” no meio comum, logo vem à cabeça das pessoas as imagens produzidas historicamente devido às ações descontroladas da natureza, como o caso do acidente de Fukushima no Japão; ou mesmo pela irresponsabilidade de operadores em uma usina nuclear, como caso da Chernobyl, ou ainda pelo desrespeito humano no uso em armamentos bélicos. Estes são alguns traumas vividos por parte da sociedade e que até hoje são lembradas, como no caso brasileiro, na cidade de Goiânia, em que a falta de conhecimento fez com que praticamente toda a população de uma cidade sofresse a angústia sobre a condenação à vida (XAVIER et al., 2007).

De acordo com a classificação em relação aos efeitos, as radiações podem ser separadas entre as ionizantes, que são capazes de extrair elétrons da órbita de um átomo ao atravessarem um determinado meio, podendo variar o efeito em função da energia; e as denominadas não ionizantes, que são formas de propagação de energia incapazes de ionizar átomos, contudo, este tipo de energia pode quebrar ligações químicas e moleculares (RODITI, 2005).

Devido a esta característica semelhante à luz, a radiação tem o fenômeno ondulatório como uma de suas formas de propagação. Isto significa que apresenta os mesmos elementos, como comprimento de onda e frequência, sendo esta última fundamental inclusive para definir

uma das faixas de energia que denominamos de região de radiação ultravioleta (UV), que nada mais é do que um tipo de radiação não ionizante (OLIVEIRA & SILVA, 2009).

É necessário compreender que esta forma de radiação, a ultravioleta, não é nociva a seres humanos, por conta de sua baixa energia, mesmo tendo sua frequência de propagação próxima a faixa das radiações ionizantes (OKUNO & VILELA, 2005). Mais a diante, quando abordarmos sobre as radiações UV apresentaremos detalhes sobre seu comportamento bem como suas características, mas por agora é fundamental entender que há uma relação direta entre o uso deste tipo de radiação e a prática dos profissionais de laboratório de biotecnologia.

A radiação não ionizante embora não seja letal pode causar dano ao corpo humano, pois como se trata de transporte de energia, vale destacar que a deposição de energia no corpo humano em quantidades contínuas pode gerar danos. Apesar disso, o uso de radiações não ionizantes é mais comum do que a maioria da população imagina. Diversos dispositivos que nos rodeiam fazem uso destetipo de radiação. É o caso dos telefones celulares, dos sistemas de transmissão via satélite, as redes de computadores em Wi-Fi, os sistemas em *bluetooth* e dispositivos infravermelho, como controle remoto, além de utensílios domésticos, como o micro-ondas (MEDEIROS & SANCHEZ, 2016).

Há também fontes naturais que são emissores de radiação não ionizante. A principal delas é o Sol, que é capaz de emitir ao nosso planeta luz e calor, formas de energia que se propagam pelo espaço em direção à Terra. Pelo seu tamanho e intensidade de energia a luz do Sol, na forma de ondas eletromagnética, com certeza causaria grandes danos aos seres vivos, porém nosso planeta possui uma proteção natural que é a camada de ozônio, onde grande parte desta energia prejudicial é atenuada (BALOGH et al., 2011).

Por outro lado, esta fonte de energia é também fundamental para a sobrevivência da humanidade, não só por conta da sintetização de vitamina D, essencial para o metabolismo ósseo, como também pela necessidade de sanitização de outras substâncias, como a própria água. Sabe-se que a utilização de fonte de radiação não ionizante, na forma de UV, é essencial para esterilização, quer seja na forma natural ou artificial, e conseqüentemente fundamental para a geração de uma vida saudável (JUCHEM et al., 1998).

Entretanto, seguindo a ideia de que “tudo demais faz mal” a exposição ao Sol em excesso também pode trazer alguns agravos aos seres humanos, principalmente no que se refere a danos causados na pele. Sabe-se que os efeitos a longos períodos de exposição podem desencadear problemas para saúde, é importante que se tenha um controle da exposição e diminuição da vulnerabilidade da população em geral (TOFETTI & OLIVEIRA, 2006).

Desde a década de 1990 estudos já destacavam uma relação prejudicial entre a radiação solar e a pele humana, e com o desgaste da camada de ozônio, a tendência é de aumento. A principal enfermidade causada é o câncer de pele. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), “um em cada três casos de câncer diagnosticados no mundo corresponde ao câncer de pele” (OLIVEIRA, 2013).

De acordo com o Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA), em seu último relatório de estimativa de incidência de câncer no Brasil, demonstra que o número de casos de câncer de pele não-melanoma corresponde a 30% de todos os tumores registrados no país e mesmo não sendo tão agressivo quanto o câncer melanoma e apresentar altos percentuais de cura, se não tratado adequadamente pode deixar sequelas físicas expressivas ou até mesmo evoluir para um tipo mais agressivo de câncer (INCA, 2019).

Segundo Juchem et al. (1998):

Há aproximadamente 40 tipos de doenças que são causadas ou agravadas pela exposição solar, como doenças genéticas (xeroderma pigmentoso, albinismo), desordens metabólicas (porfirias), doenças induzidas por drogas fototóxicas ou fotoalérgicas, doenças fotoimunológicas, doenças degenerativas ou neoplásicas, assim como diversos outros processos com urticária solar e lúpus eritematoso discóide (p. 47).

O mais preocupante e o que torna este tipo de câncer um problema de saúde pública é a frequência e a quantidade de pessoas que são acometidas com ele, uma vez que poderia ser facilmente evitado se a população de modo geral tivesse um conhecimento mais refinado sobre os cuidados que deve se ter ao se expor aos raios solares (ARAÚJO & FERREIRA, 2015).

Diante disso, o cuidado com a exposição à radiação não ionizante, é fundamental entre os profissionais técnicos de laboratório de biotecnologia, pois os mesmos operam equipamentos e dispositivos que possuem fontes artificiais que são emissores deste mesmo tipo de radiação.

Contudo, fica o questionamento sobre os cuidados que são adotados na manipulação deste tipo de material por parte dos profissionais técnicos de laboratório de biotecnologia e de que forma as boas práticas de laboratório garantem a segurança dos trabalhadores. Por isso, neste trabalho procuramos tratar do tema da radiação não ionizante associando a probabilidade de risco físico, por conta da utilização de materiais e equipamentos de laboratório.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Discutir a importância da biossegurança e a necessidade da bioproteção em relação às exposições às radiações ultravioleta e seus possíveis riscos aos profissionais técnicos de laboratório de biotecnologia.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Relatar, com base na revisão de literatura, os possíveis riscos e danos em relação a exposição à radiação ultravioleta;
- Descrever os principais equipamentos utilizados nas práticas laboratoriais de biotecnologia associando aos possíveis sistemas de proteção.
- Identificar ações de biossegurança e boas práticas adotadas contra as exposições ocupacionais em relação à radiação ultravioleta de profissionais técnicos de laboratório de biotecnologia.

### 3 JUSTIFICATIVA

Uma grande parcela da população desconhece totalmente os efeitos danosos que as radiações não ionizantes podem provocar em virtude de exposição contínua a estas fontes. Se considerarmos apenas as emissões de raios UV, os olhos e pele são as regiões mais sensíveis e por consequência sofrem maiores danos, porém os olhos podem ser seriamente afetados quando expostos a grandes intensidades (ANDRADE, 2010).

Atualmente, devido as reações fotobiológicas causadas pela radiação UV, há inúmeras formas de proteção contra o possível dano, como vestimentas, óculos, chapéus, protetores solares e etc. Entretanto, poucos são os indivíduos que realmente utilizam tais proteções de forma adequada. Pode-se perceber essa diferença ao analisarmos os mecanismos de proteção de um profissional de laboratório e um trabalhador rural. Mesmo estando ambos expostos às radiações UV, o profissional terá maior possibilidade de se proteger do que o trabalhador do campo, devido ao acesso ao conhecimento e a disponibilidades de sistemas de biossegurança (ARAÚJO & SOUZA, 2008).

Segundo Costa e Costa (2009), o termo biossegurança pode ser entendido como livre de dano à vida, ou seja, sistema de segurança da vida para situações não intencionais e tem por objetivo “proporcionar um ambiente de trabalho seguro e adequado ao trabalhador, pacientes (ambientes de saúde) e meio ambiente, de modo que os perigos sejam minimizados e controlados ou, em alguns casos, eliminados.” (p. 79).

Em síntese a biossegurança trata-se de um conjunto de protocolos voltados para a segurança dos trabalhadores, editados pela unidade responsável e que devem ser aplicados em uma determinada área para garantir a redução dos riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes, associados a possibilidade de danos biológicos (TEIXEIRA & VALLE, 2010).

Dentre os mecanismos de proteção contra possíveis danos destacamos a utilização de barreiras físicas como anteparos absorvedores de possíveis danos físicos, químicos ou biológicos, e que podem ser disponibilizados para uso coletivo, além de materiais de uso individual, como o caso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Portanto, além de seguir as medidas biossegurança adotada para as boas práticas de trabalho é fundamental seguir também os protocolos recomendados para garantir a segurança de todos (DAVID et al., 2012).

Contudo, este conjunto de protocolos a serem adotados como medidas de segurança em um ambiente controlado, seguem parâmetros definidos pelas normas regulamentares

(NR), do extinto Ministério do Trabalho. Tais normas foram criadas para garantir segurança aos trabalhadores durante todo o exercício profissional, estabelecendo diretrizes básicas de proteção à saúde, com a finalidade de minimizar a possibilidade de acidentes.

Assim, exposições ligadas às radiações não ionizantes são caracterizadas como riscos físico, segundo a NR-9 (MTE, 1994). Já para a NR-15, que discute sobre as atividades consideradas insalubres, define que fontes de radiação não ionizante são equipamentos que operam na faixa do micro-ondas, do ultravioleta ou com laser (MTb, 1978).

Tendo isso em mente, através deste estudo e da percepção como profissional técnico de biotecnologia, pretendo observar de que forma os trabalhadores técnicos de laboratórios da área percebem esses riscos, apresentando as principais fontes de radiações não ionizantes, dando destaque ao trabalho do profissional técnico e correlacionando com as principais formas de biossegurança, para que haja uma utilização segura das radiações não ionizantes.

#### 4 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma pesquisa descritiva em sua essência, pois busca esclarecer e discutir sobre a utilização de dispositivos bioprotetores e ações de biossegurança em relação às exposições as radiações UV, desenvolvidas para a população, por meio da existência de política públicas que promovam ações de proteção e orientação, e para os trabalhadores de laboratórios, que fazem uso de equipamentos emissores deste tipo de radiação.

Para isto será realizada uma revisão de literatura, buscando nas principais bases de dados documentos científicos que comprovam e discutem os riscos associados às exposições às radiações UV e as medidas de prevenção que devem ser adotadas. As bases de dados serão tanto as nacionais, Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), quanto internacional National Center for Biotechnology Information, U.S. National Library of Medicine (PUBMED), sem deixar de incluir referências do Instituto Nacional do Câncer (INCA).

Devido ao aumento do número de casos de patologias relacionadas à exposição com radiação não ionizante (em especial a radiação ultravioleta) nas últimas décadas, ao longo da pesquisa será demonstrada a relação direta que elas têm. Tendo em vista, ainda, o processo de desvalorização da ciência que estamos enfrentando nos dias atuais, assim como o aumento de *fake news* divulgadas principalmente no âmbito virtual e o seu impacto negativo na divulgação científica, por meio desta monografia pretende-se criar um texto com base científica e confiável para divulgar as principais questões que são levantadas no que diz respeito à exposição às radiações não ionizantes.

A partir dos resultados observados nesta monografia, pretende-se discutir a importância da biossegurança e da bioproteção para os trabalhadores de laboratórios de biotecnologia, discutindo sobre a necessidade da elaboração de diretrizes que oriente sobre as boas práticas no manuseio de equipamentos que fazem uso deste tipo de radiação, em como deve ser os cuidados em relação às exposições.

## 5 RADIAÇÕES ULTRAVIOLETAS E SEUS EFEITOS

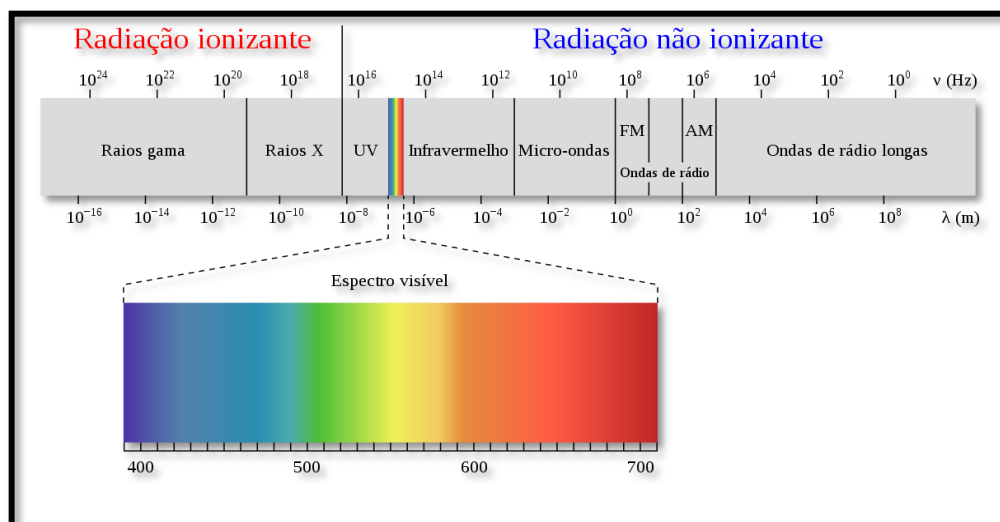
A radiação é uma forma de energia presente no universo desde sua origem e que tem acompanhado a humanidade desde o surgimento da vida no planeta terra. Elas podem ser manifestar como partículas atômicas ou ondas eletromagnéticas (OKUNO, 2013).

No caso específico das radiações não ionizantes, as mesmas somente se propagam na forma de onda eletromagnética, ou seja, uma onda portadora de energia, composta por campos elétricos e magnéticos oscilantes que se produzem mutuamente, a partir da teoria da indução eletromagnética, e que se propaga no espaço (OKUNO & VILELA, 2005).

A forma de produção de tais radiações são observadas a partir da desintegração nucleares, transições nas camadas eletrônicas dos átomos, a partir de efeitos térmicos, ou ainda em função de oscilações moleculares. Na prática as radiações não ionizantes podem ser produzidas artificialmente por algumas fontes como lâmpadas, aquecedores, sistemas de micro-ondas, entre outros mais (FRANCO, 2018).

De modo geral as radiações eletromagnéticas se diferenciam conforme sua frequência de oscilação e seu comprimento de onda, dividindo-se em um espectro que denominamos de espectro de radiação eletromagnética. Este espectro é dividido em faixas assim denominadas: ondas de rádio (curtas, médias e longas), micro-ondas, radiação infravermelha, radiação luminosa (visível), radiação ultravioleta e radiação ionizante (raios X e raios gama). Na figura 1 podemos observar um exemplo de um espectro de radiação eletromagnética, com a definição de cada uma das faixas.

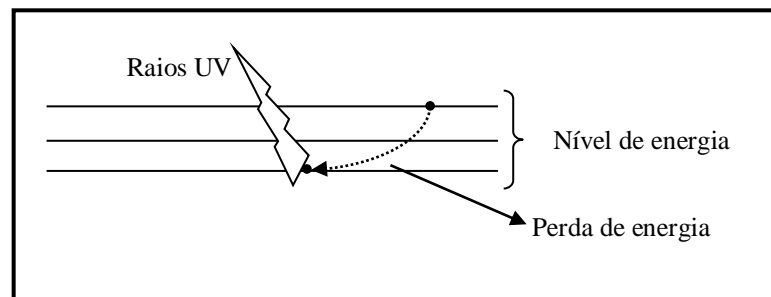
Figura 1 – Espectro de radiação eletromagnética.



Fonte: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0a/EM\\_spectrum\\_pt\\_2.svg/400px-EM\\_spectrum\\_pt\\_2.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0a/EM_spectrum_pt_2.svg/400px-EM_spectrum_pt_2.svg.png)

Em especial, a radiação UV é a faixa do espectro eletromagnético referente aos comprimentos de onda compreendidos, aproximadamente, entre 100 a 400nm ( $7,5 \times 10^{14}$  Hz a  $3 \times 10^{15}$  Hz). Esta radiação pode ser produzida através de transições eletrônicas sofridas pelos elétrons ao absorverem energia, saltando para orbitais mais externos do átomo, de maneira que, na volta para orbitais que possuem menor nível de energia podem devolver a energia recebida como forma de radiação UV. Na figura 2 é representado um esquema de perda de energia eletrônica, o elétron salta da camada mais externa para a mais interna, com liberação da energia na forma de radiação UV.

Figura 2 – Esquema de produção de radiação UV.



Fonte: O autor, 2021.

Este efeito que hoje é comumente visualizado nos processos de emissão de radiação UV só foi descoberto por volta dos anos de 1800, logo após a descoberta da radiação infravermelha, pelo então físico e químico Johann Ritter. Seu objetivo era investigar outra possível faixa de cor visível e que estivesse acima do violeta. Realizou então uma série de experimentos com cloreto de prata e um prisma. Aplicou cada cor ao cloreto de prata para ver o resultado e observou que a luz vermelha provocou apenas uma pequena mudança enquanto a luz violeta escureceu o cloreto. Assim ele percebeu que deveria haver alguma forma de energia ou outro tipo de onda naquela região logo após a luz violeta (BERG, 2008).

Naturalmente, a radiação ultravioleta chega ao nosso planeta pela fonte natural do Sol, porém o que poucas pessoas desconhecem é que este tipo de radiação ainda pode ser subdividido em função de suas características. Assim, são as denominadas radiações UVA, UVB e UVC, sendo que a primeira possui um comprimento de onda entre 320nm e 400nm, e praticamente não é atenuada pela camada atmosférica, já a UVB tem um comprimento de onda da ordem entre 280nm e 320nm, sendo parcialmente absorvida pela camada de ozônio,

enquanto que a UVC possui um comprimento de onda entre 100nm e 280nm e é absorvida completamente pelos gases da atmosfera (LOPES et al., 2017).

A faixa de frequência de irradiação dos raios UVA variam entre  $7,5 \times 10^{14}$  Hz –  $9,52 \times 10^{14}$  Hz e como sofrem pouca absorção na atmosfera são fundamentais para a sintetização da vitamina D no organismo. Vale destacar que a exposição à radiação UVA deve ser moderada, pois seus efeitos são acumulativos. Em casos de exposição excessivas podemos ter o escurecimento da pele gradativo (bronzamento), podendo chegar a um envelhecimento exagerado por conta de grandes exposições, mesmo com proteção (OKUNO, 2013).

Os efeitos da radiação UVA são conhecidos por serem reversíveis e de baixa duração uma vez que, por ser o raio com maior comprimento de onda, transporta uma quantidade energética menor, porém em quantidades que ainda com quantidades que pode causar mudanças no DNA e causar eritemas<sup>1</sup> com mais facilidade (OKUNO & VILELA, 2005). Na figura 3 podemos observar o efeito dos raios UVA sobre a pela humana em exposição prolongada (eritema).

Figura 3 – Eritema causado pela exposição ao Sol.



Fonte: [https://www.belezatoday.com.br/wp-content/uploads/2019/03/355136\\_859676\\_envenenamento\\_solar-400x255.jpg](https://www.belezatoday.com.br/wp-content/uploads/2019/03/355136_859676_envenenamento_solar-400x255.jpg)

---

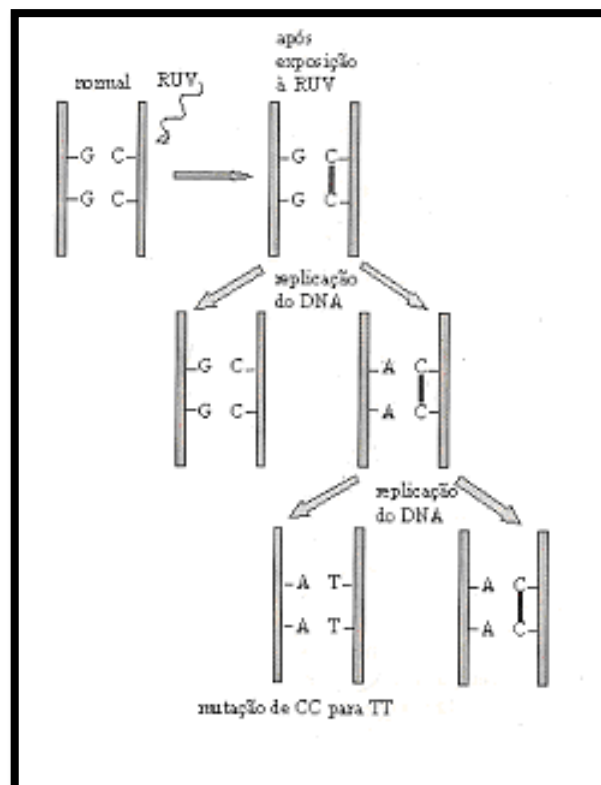
<sup>1</sup> Por definição, segundo o dicionário Michaelis (2020), **eritema** pode ser definido como uma vermelhidão mórbida da pele, causada por congestão dos capilares cutâneos. No caso do eritema solar trata-se de inflamação róseo, que ocorre nos indivíduos quando se expõem ao sol e depende, basicamente, do tipo de pele e da quantidade de energia solar recebida.

Entretanto, não se deve mistificar a radiação UVA e inferir que por ela apresentar menor energia não apresentarão riscos graves à saúde de um indivíduo, muito pelo contrário, deve-se reforçar medidas de segurança para reduzir a possibilidade de que essa exposição traga malefícios a sua saúde no decorrer de sua vida.

Já os raios UVB, que correspondem a faixa de frequência de  $9,52 \times 10^{14}$  Hz –  $1,07 \times 10^{15}$  Hz, são prejudiciais à saúde humana, podendo até causar câncer cutâneo devido a exposição excessiva. Assim como a UVA, em dose pequenas, a radiação UVB também auxilia no metabolismo da vitamina D no organismo (LOPES et al., 2017).

Em matéria de dano ao corpo humano, assim como a UVA, a UVB também pode ser designada como luz erimatogênica, estando relacionada com o surgimento de queimaduras de maior intensidade. Outra reação danosa dessa radiação ocorre no DNA das células epiteliais, onde é induzido uma mutação nos dímeros de pirimidina, que podem ser CC ou TT, como representado na figura 4.

Figura 4 – Exemplo de mutação por exposição à radiação ultravioleta.



Fonte: OKUNO & VILELA, 2005.

Quando uma mutação dessas ocorre em um gene relacionado ao câncer, se dá início à proliferação do tipo não-melanoma. Além disso pode causar alterações no sistema imune cutâneo, gerando uma reposta inflamatória desencadeada por diversos mecanismos, a este efeito denominamos de fotocarcinogênese (SGARBI et al., 2007).

Ainda segundo Lakimenko et al. (1999 apud SILVA et al., 2015) também como consequência da constante exposição à radiação ultravioleta pode-se observar alguns efeitos bioquímicos no organismo como: “desnaturação proteica de diversas proteínas citoplasmáticas, aumento da formação de espécies reativas de oxigênio, aumento de Ca<sup>+</sup> intracelular, dano ao DNA e inibição da reparação do DNA” (p. 2111).

Outro órgão afetado também pela radiação ultravioleta, além da pele, são os olhos. Mesmo a estrutura ocular possuindo uma defesa natural contra este tipo de radiação, os olhos podem sofrer absorção média de 80% da energia dos raios UVB na região do epitélio, danificando a córnea e o cristalino. Já para os raios UVA o percentual fica entre 25% e 34% da energia no estroma ocular, podendo causar alterações na visão central, como a degeneração da mácula (PODSKOCHY, 2004).

Portanto, a córnea é um tecido altamente sensível a este tipo de espectro de luz. A exposição à radiação UV é um fator de estresse ambiental bem conhecido e que gera radicais livres e espécies reativas de oxigênio prejudiciais à grande parte das células e tecidos (WENK et al., 2001 apud LINCOLN, 2012).

Desta forma o espectro da radiação UV tem levantado mais preocupações, pois segundo Balogh et al. (2011) dependendo do tempo de exposição essa radiação pode iniciar diversos processos de reações químicas levando a formação de espécies reativas de oxigênio (ERO) que, como o próprio nome sugere, são instáveis e bastante reativas podendo alterar moléculas que colidirem com ela, e causar alterações histoquímicas de gravidades diversas.

Sendo assim, a melhor forma de evitar os possíveis danos causados pela exposição às radiações não ionizantes é a adoção de medidas como:

- Danos à pele – utilização de bloqueadores solares com fator de proteção associado ao grau de pigmentação da pele, isto é, quanto menor a pigmentação da pele (cor clara com menor pigmentação) maior deve ser o fator de proteção;
- Danos a visão – o uso de óculos de sol é fundamental para proteger seus olhos e as lentes devem filtrar os raios ultravioleta, protegendo de lesões futuras, mas é importante a aquisição de um produto certificado, que ofereça garantia de proteção;

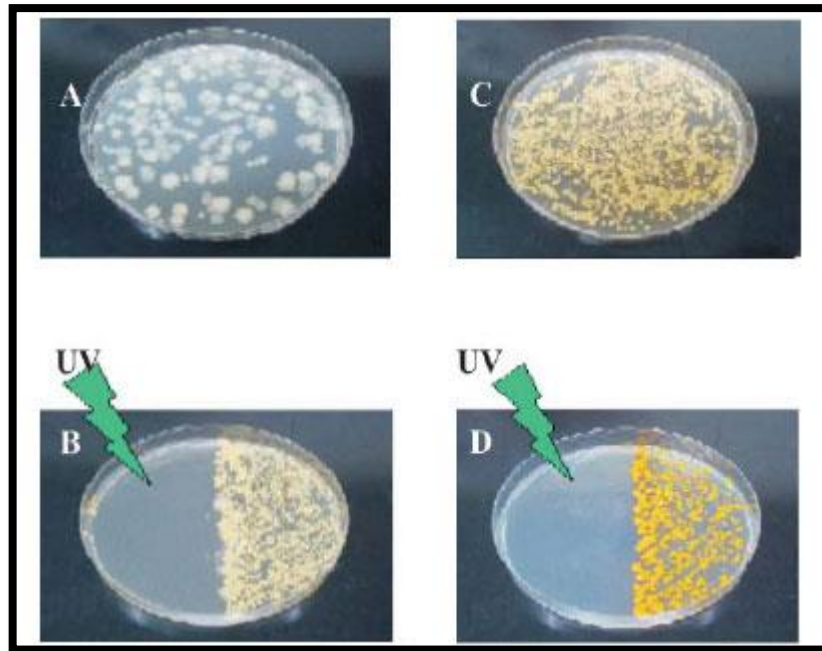
- Em geral – não se expor ao Sol excessivamente, em horário de grande intensidade (10 às 16 horas). Neste período a incidência das radiações UVA e UVB estão em maior intensidade e os riscos de lesão são maiores;
- Em geral – evitar olhar diretamente para o sol é fundamental para os olhos, além do uso de bonés, viseiras e chapéus, que também podem auxiliar na redução de exposição à pele.

Enquanto que, as recomendações de proteções aos raios solares, como filtros solares, óculos de sol, demais são fortemente recomendadas para a população, uma vez que através delas pode-se prevenir e combater a prevalência de doenças e complicações que podem se tornar mais graves ao longo do tempo, mesmo assim diversas pessoas não fazem o uso adequado deles. Isso se dá muitas vezes, por falta de conhecimento e dessa forma as pessoas passam horas expostos sem proteção alguma.

Ao contrário das demais formas de radiação ultravioleta, a UVC, que possui um comprimento de onda na faixa de frequência de  $1,07 \times 10^{15}$  Hz a  $3 \times 10^{15}$  Hz, não atinge a superfície terrestre, sendo totalmente absorvida pela atmosfera, garantindo a segurança da humanidade de forma natural. Entretanto, esta mesma energia é produzida de forma artificial, principalmente por apresentar propriedades germicidas, o que desperta interesse em muitas áreas da ciência, e por isso os riscos associados são grandes quando utilizado de forma indevida e sem controle (OKUNO, 2013; SVOBODOVA et al., 2006).

Em estudo realizado Ueki et al. (2006) foram demonstrados o efeito da luz ultravioleta no crescimento de micobactérias. No trabalho, os pesquisadores utilizaram duas amostras de bactérias e semearam em quatro placas, todas alocadas no mesmo espaço. Duas amostras (uma de cada micobactéria) foi coberta e as outras duas amostras foram expostas à uma luz ultravioleta por alguns minutos. O efeito atingido comprova a efetividade germicida da luz ultravioleta. Na figura 5 é apresentado o resultado obtido no experimento.

Figura 5 – Efeito da radiação UV em amostras com micobactérias.



Fonte: Ueki et al. (2006).

Diferente dos processos naturais, onde não há o controle sobre as exposições às radiações ultravioletas, neste caso em laboratório, onde há um certo rigor e controle, foi possível observar o efeito e ao mesmo tempo adotar medidas de segurança para os trabalhadores e pesquisadores, de forma a reduzir possíveis os riscos de dano por conta da exposição.

Contudo, mesmo estando em um ambiente extremamente controlado, é necessário a adoção de medidas de proteção efetivas, direcionadas a utilização e controle dos equipamentos existentes, de forma a prevenir a exposição acidental e que de alguma forma pode trazer danos ao trabalhador.

No que se refere aos equipamentos artificiais, visando a manutenção da saúde da população, cabe aos diversos órgãos nacionais criarem diretrizes e normas de controle e, produção e segurança para os equipamentos, visando não só os aspectos de saúde, como também a área de telecomunicações. Assim compete a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) a elaboração de normas para controle e segurança da população.

Na esfera trabalhista, a imperícia e a falta de proteção são elementos que não devem existir, principalmente porque cabe a empresa responsável, além da criação de protocolos de

segurança e proteção, a elaboração de capacitação entre os trabalhadores e o fornecimento de EPIs para a segurança e fiscalização de seu correto uso.

Por isso, ao manipular fontes artificiais de radiação ultravioleta, o trabalhador deve estar habilitado e capacitado para manuseá-lo, além de ter conhecimento sobre o processo de funcionamento do equipamento, de forma a garantir a segurança de todos.

## 6 BOAS PRÁTICAS EM LABORATÓRIO DE BIOTECNOLOGIA

Tendo em vista a radiação não ionizante, sobretudo a luz ultravioleta, é possível perceber que sua utilização é bastante comum em laboratórios, sejam eles escolares, de pesquisa e até mesmo industriais. Isso ocorre porque este tipo de radiação apresenta características e particularidades de extremo interesse para a área. Tal utilização se dá, principalmente, por emissão artificial, por oferecer mais controle em relação à sua propagação através dos diversos equipamentos, que exercem diferentes funções, e que são essenciais nos inúmeros procedimentos laboratoriais.

Segundo Cavicchioli e Gutz (2003) a radiação não ionizante pode ser aproveitada para processos de grande especificidade, como no pré-tratamento de amostras onde realiza-se a irradiação dessas amostras com radiação UV e se consegue decompor alguma substância presente. E não se restringe aí, por ser bastante versátil em sua utilidade, a radiação não ionizante também pode ser utilizada em diversas técnicas no laboratório, dando ênfase na área da biotecnologia, observa-se, por exemplo, que sua aplicação abrange desde o controle de qualidade na esterilização de equipamentos, no controle da cultura de células, auxiliando na descontaminação, até no cultivo e desenvolvimento de plantas transgênicas, por meio de fotobiorreatores.

Essa gama de possibilidades de utilização reforça ainda mais sua necessidade e importância em procedimentos para técnicas laboratoriais, no sentido de estar presente em pesquisas que possuam potencial de melhorar as condições de vida do ser humano, no avanço tecnológico em produções de fármacos, vacinas e outros produtos, e ao mesmo tempo que aborde questões de segurança, que devem ser aplicadas aos pesquisadores expostos durante sua rotina de trabalho (SIMÕES et al. 2016).

Considerando então que a radiação UV é a mais utilizada por profissionais de laboratório em seu ambiente de trabalho, é importante que se tenha conhecimento sobre o uso e características dos equipamentos, especialmente da possibilidade de seus efeitos danosos para o corpo humano, de forma a aumentar a prevenção e efetividade no uso desses equipamentos. Estes são alguns exemplos de equipamentos laboratoriais que uso de radiação UV e que são comumente utilizados.

### ➤ ESPECTROFOTÔMETRO

Trata-se de um equipamento, que a partir do princípio de que cada composto químico absorve ou transmite a luz de maneira específica, submete uma solução ou amostra qualquer a

uma fonte de luz UV e luz visível, para dessa forma calcular valores de transmitância<sup>2</sup> e absorvância<sup>3</sup>, a partir desses valores pode-se determinar qual é a substância e sua concentração. Todo esse processo ocorre sem a interferência do profissional, que só precisa fixar o recipiente (cubeta) com a mostra no equipamento, selecionar o comprimento de onda que deseja para a solução e fechar o espectrofotômetro. Por esse motivo, este equipamento apresenta baixos riscos de exposição, uma vez que confere segurança ao profissional e ao ambiente (ROSA et al., 2013).

Na figura 6 destacamos um modelo de espectrofotômetro que trabalha na faixa de 190nm até 1280nm, ou seja, além da possibilidade de operar na luz visível este equipamento ainda trabalha com praticamente todo o espectro de radiação UV, perpassando por todas as qualidades, A, B e C.

Figura 6 – Espectrofotômetro.



Fonte: <http://shimadzu.com.br/analitica/produtos/spectro/uv/images/uv-1280-1.jpg>

#### ➤ ESTERILIZADOR UV HANDHELD

Refere-se a uma lâmpada UV com um suporte portátil, sendo utilizada na maioria das vezes para esterilizar superfícies, mas também pode desempenhar outras funções no laboratório dependendo da necessidade. Como apresenta propriedades esterilizadoras, deve-se ter extremo cuidado ao utilizá-la pois a sua frequência emitida se encontra na faixa da radiação UVC, a faixa com mais energia e maior capacidade de danos ao organismo. Principalmente levando em conta que esse equipamento não oferece nenhuma proteção ao

---

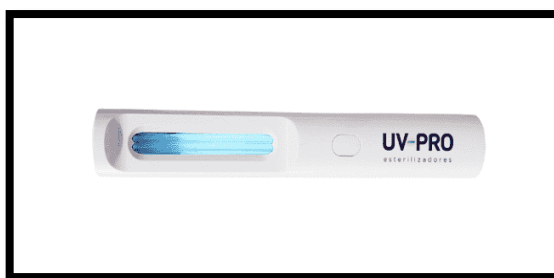
<sup>2</sup> Valor de Luz Transmitida

<sup>3</sup> Valor de Luz Absorvida

usuário, exigindo dessa forma, conhecimento e treinamento prévio de pessoas que irão fazer uso dela. Por isso pode-se destacar algumas recomendações de proteção como: cobrir toda parte do corpo que possa entrar em contato, assim como se manter alerta às superfícies reflexivas e usar proteção facial para não haja queimaduras no rosto.

A seguir, na figura 7, apresentamos um modelo de um esterilizador portátil. Este produto além de versátil, devido a possibilidade de utilização com baterias, trabalha na faixa da radiação UVC e seu uso é indicado, inclusive, para tratamentos em ambientes domésticos e de escritórios, sem qualquer recomendação de proteção aos olhos em relação à sua utilização.

Figura 7 – Esterilizador portátil



Fonte: [https://images.tcdn.com.br/img/img\\_prod/557397/esterilizador\\_portatil\\_em\\_bastao\\_uv\\_c\\_179\\_3\\_dada564475345b40fc5b65b5ebba1859.jpg](https://images.tcdn.com.br/img/img_prod/557397/esterilizador_portatil_em_bastao_uv_c_179_3_dada564475345b40fc5b65b5ebba1859.jpg)

#### ➤ UV CROSSLINKERS

Consiste em um equipamento que funciona a partir da emissão de UV por lâmpadas, que podem ser dispostas de maneiras diferentes dependendo do modelo, assim como a frequência que elas emitem, que podem abranger a faixa entre 254nm, 302nm e 365nm. Seu design é muito parecido com um micro-ondas, contendo inclusive, um mecanismo de contenção, uma vez que o processo de irradiação é interrompido caso a porta seja aberta durante o funcionamento (figura 8). Sua utilização é proveitosa quando se precisa de uma exposição controlada à radiação, por isso está presente em diversas técnicas de biologia molecular como Northern e Southern Blotting, que, respectivamente, são usadas para medir o nível de expressão gênica de um determinado RNA mensageiro e determinar se há uma sequência de DNA de interesse em uma amostra.

O nome Crosslink pode ser explicado por que através dessa técnica ocorre uma ligação dos ácidos nucleicos à uma membrana. Por fim, como o próprio equipamento já possui mecanismos de contenção, o mais importante é saber identificar o funcionamento correto do

mesmo, utilizando-o apenas com a certeza de que a porta de segurança esteja desempenhando sua função, desta forma se promove uma emissão controlada e eficiente na sua câmara de exposição.

Figura 8 – UV Crosslinkers



Fonte: <https://assets.fishersci.com/TFS-Assets/CCG/product-images/F9746-01~p.eps-650.jpg>

#### ➤ LÂMPADAS GERMICIDAS

A característica principal dessas lâmpadas está relacionada à sua capacidade de eliminar micro-organismos através da modificação do DNA ou RNA dos mesmos. Isso ocorre porque a energia eletromagnética emitida por essas lâmpadas está na faixa doraio UVC, que apresenta os menores comprimentos de onda (100nm – 280nm), logo maior é sua frequência e consequentemente sua energia. Por apresentar essa característica, os efeitos da UVC não se restringem apenas a micro-organismos, trazendo preocupações com a segurança dos trabalhadores, pois pode afetar diretamente a pele e os olhos de pessoas expostas a ela.

Para reduzir o risco associado à sua utilização a mesma deve ser utilizada em ambientes fechados, como é o caso da cabine de segurança biológica, presente em muitos laboratórios para esterilização do espaço e materiais que são utilizados na manipulação de alguma amostra ou agente.

Na figura 9 podemos ver um modelo deste tipo de equipamento, que traz como recomendação o uso lâmpadas UV para esterilização do espaço e do material por aproximadamente 15 minutos, antes e depois de seu uso e, obviamente, não se expor à luz enquanto seu sistema estiver aceso (UEKI et al., 2006).

Figura 9 – Cabine de Segurança Biológica.



Fonte: [http://images.tcdn.com.br/img/img\\_prod/460180/cabina\\_de\\_seguranca\\_biologica\\_classe\\_ii\\_tipo\\_a1\\_a\\_605\\_x\\_574\\_x\\_623\\_mm\\_605\\_x\\_879\\_x\\_623\\_mm\\_605\\_x\\_1184\\_x\\_45709\\_1\\_20201213192221.jpg](http://images.tcdn.com.br/img/img_prod/460180/cabina_de_seguranca_biologica_classe_ii_tipo_a1_a_605_x_574_x_623_mm_605_x_879_x_623_mm_605_x_1184_x_45709_1_20201213192221.jpg)

#### ➤ TRANSILUMINADORES

Frequentemente utilizado na técnica de Eletroforese, que consiste na migração de macromoléculas como DNA, RNA e proteínas de um polo positivo para um negativo de acordo com sua carga. Tal processo normalmente ocorre por meio de um gel, onde as amostras são pipetadas em pequenos poços, que depois é inserido em uma solução tampão com propriedades específicas para a técnica, possibilitando a corrida das amostras que são submetidas a um impulso elétrico. A função dos Transiluminadores propriamente dito, está após todo esse processo, para a observação dos resultados, ou seja, a separação ou purificação de determinada molécula.

Essa técnica pode ser utilizada na área de ciência forense, como o próprio nome sugere, uma vez que é possível comparar amostras de DNA, assim como em testes de paternidade com o mesmo princípio.

Segundo Klein (2000) esse equipamento pode atingir picos de emissão de UV entre 254nm e 312nm, que corresponde as faixas de UVC e UVB, demandando cuidados e atenção extras, pois são biologicamente ativas. Para proteção do trabalhador, o aparelho apresenta uma barreira para amenizar o contato direto com a radiação, que apresenta um risco significativo, especialmente levando em conta o tempo de exposição de um trabalhador durante sua carga horária. Por isso, é recomendado medidas de segurança durante a operacionalização do equipamento, como manter o rosto mais distante possível, utilização dos EPI recomendados, rodízio ou substituição de profissionais, medidas estas para reduzir a ação sobre o trabalhador, como forma de minimizar possíveis riscos.

Na figura 10 podemos ver um modelo de um equipamento desse tipo e o sistema de proteção minimamente utilizado para reduzir a exposição do operador.

Figura 10 – Transiluminador.



Fonte: [https://locus.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Transiluminadores\\_Translluminator\\_LTB\\_STI.jpg](https://locus.com.br/wp-content/uploads/2016/02/Transiluminadores_Translluminator_LTB_STI.jpg)

A partir da observação da descrição dos equipamentos apresentados, pode-se ter uma ideia das diversas utilizações que a radiação não ionizante possui no ambiente laboratorial. Entretanto, os riscos são eminentes devido a quantidade de equipamentos que fazem uso de lâmpadas UV por exemplo, principalmente em cabines de segurança biológicas ou mesmo em lâmpadas UV portáteis. O risco associado está no controle do trabalho durante o período de

atividade, de forma a evitar exposição desnecessária por conta da falta de segurança, pois como visto este tipo de radiação ao ser absorvida pode causar desde queimaduras superficiais, até a problemas na vista, chegando a possibilidades extremas, como um câncer de pele (ISHAK et al., 1989).

É imprescindível que qualquer profissional que trabalhe em laboratórios lidando com este tipo de energia faça a utilização da vestimenta adequada, observe o protocolo da instituição onde trabalha e as normas específicas vigentes de segurança a fim de minimizar sua exposição e reduzir a ocorrência de acidentes e danos.

Tendo em mente ainda, que dependendo do laboratório e sua a classificação do seu Nível de Biossegurança, – que consiste no conjunto de práticas e técnicas com equipamentos de segurança e instalações para melhor proteger o agente e o ambiente – os trabalhadores estarão expostos à diferentes níveis de riscos, seja por contaminação ou exposição ou, excepcionalmente, acidentes, é de vital importância o conhecimento das normas e utilização das vestimentas e técnicas de proteção necessários ao trabalho no laboratório para que a manutenção da segurança do ambiente, durante a utilização de radiação ionizante, seja garantida.

Muitos dos efeitos decorrentes da exposição às radiações não ionizantes são percebidos apenas tardiamente, o que pode acarretar em descuido ou minimizar a preocupação do profissional em relação aos riscos de uma inadequada exposição (CDC, 2000).

Desta forma, medidas e organizações voltadas para a segurança e da saúde dos trabalhadores dessa área foram surgindo ao longo dos anos. Como é destacado na NR-15, que trata das operações ou atividades que exponham os trabalhadores às radiações não ionizantes. Isto é, reforça a importância do devido uso de equipamentos de proteção individual e coletivo (EPI e EPC), em qualquer trabalho onde há exposição de radiação não ionizante.

Paralelo às normas como a citada anteriormente, surgiram ainda órgãos fundamentados na orientação e no fornecimento de informações acerca da biossegurança necessária nas atividades com presença de radiações. Tendo como exemplos a Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP) órgão internacional ligado e independente ligado à Associação Internacional de Proteção contra Radiação (IRPA). Trata-se de um comitê de especialistas que dedicam seu trabalho a providor estratégias e recomendações de proteção contra os “efeitos adversos” da radiação não ionizante para à saúde de um indivíduo, e também para o meio ambiente (ICNIRP, 2008).

Dada as diversas utilizações que a radiação não ionizante abrange no ambiente laboratorial, é esperado que qualquer profissional que opere dentro do laboratório lide com essa energia em algum momento de sua trajetória. Portanto, destaca-se a extrema importância do conhecimento destas técnicas de proteção para todos que entrarem em um laboratório para garantir a segurança de todos no ambiente, sobretudo acerca dos riscos das radiações não ionizantes utilizadas durante as técnicas, que por não apresentarem efeitos imediatos muito expressivos podem causar desleixo ou menor preocupação em relação a outros riscos.

No ambiente laboratorial deve-se ter em mente a existência da presença de múltiplos riscos, muitos deles coexistem durante diversas técnicas, portanto o nível de cuidados provenientes dos profissionais deve ser de acordo com os riscos presentes. Eles podem ser classificados como: Risco Químicos, que podem envolver solventes combustíveis, explosivos, irritantes, voláteis, cáusticos, corrosivos e tóxicos, Riscos Biológicos, na manipulação de amostras provenientes de micro-organismos, animais, plantas, fungos e parasitas, Riscos Ergonômicos, que normalmente compreendem lesões por esforço repetitivo provenientes da má estruturação do ambiente de trabalho, e Riscos Físicos que são provocados por algum tipo de energia, nesse sentido destaca-se a radiação não ionizante devido sua ampla utilização no ambiente laboratorial. (HIRATA& MANCINI FILHO, 2002).

Deve se dar ênfase ainda que em alguns laboratórios, principalmente nos de ensino, algumas dessas situações de risco podem ser amplificadas por inúmeros fatores como infraestrutura danificada, equipamentos defeituosos, falta de materiais. Entre diversos fatores que podem ser agravados pela falta de investimentos e desinteresse governamental de propiciar um ambiente de ensino consistente e seguro, o que impacta diretamente na qualidade da formação de futuros profissionais. Resgatando o conceito de Ergonomia proposto por Ilda (2005), temos que:

Entende-se por Ergonomia o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não-dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas (p. 2).

Percebe-se que, seguindo essa ideologia, a organização do ambiente deve acontecer de por meio da adaptação do trabalho ao homem. Isso se realiza com a implantação de medidas administrativas que promovam a segurança, diminuam os riscos associados à sua ocupação e garantam sua integridade no local de trabalho durante toda sua carga horária. Algumas medidas que devem ser tomadas são: o treinamento adequado dos profissionais, limitação de acesso às

áreas com maior emissão de radiação UV, sinalização adequada relacionadas a biossegurança e a disponibilização de EPIs adequados (VECHIA et al., 2007).

Tendo em vista que a frequência mais comumente utilizada nos laboratórios está entre a UVC e UVB, através das medidas de segurança e boas práticas, os profissionais estarão se prevenindo dos diversos efeitos promovidos por elas. Segundo, Okuno e Vilela (2005), os efeitos da radiação ultravioleta podem ser classificados como imediatos que ocorrem após horas ou dias da exposição, ou tardios que podem aparecer anos depois. Por isso a proteção se faz de extrema importância, pois dessa forma o indivíduo exposto estará se prevenindo de complicações de saúde que podem se tornar um problema à longo prazo. Os principais efeitos provocados são:

- Na pele

Os principais efeitos imediatos que podem ocorrer são os eritemas, ou seja, queimaduras causadas pela radiação UV, cuja intensidade pode variar dependendo do tipo de pigmentação da pele, do tempo de exposição e da energia radiante. Outro efeito relacionado ao tipo de pele<sup>4</sup> é a imunossupressão, que diminui a eficiência do sistema imunológico, possibilitando o surgimento de doenças oportunistas.

Dos efeitos tardios, compreendemos o Fotoenvelhecimento que é a deterioração que ocorre de forma gradual na pele devido a exposições prolongadas e frequentes. Essa deterioração dos componentes e da função da pele fazem surgir alterações dermo-epidérmicas, que tornam a pele enrugada, seca, mais flácida e com menos elasticidade.

A exposição em excesso à radiação UV, também está relacionada ao câncer de pele, principalmente ao tipo não melanoma. O seu desenvolvimento também pode ser relacionado, a fatores imunológicos, imunossupressores e ao tipo de pele, ou seja, os mesmos fatores de risco relacionados aos efeitos imediatos.

- Nos olhos

A proteção ocular é de grande importância para evitar os danos causados aos olhos tais como: a Cerato-Conjuntivite, que se refere a irritação ocular severa, com inflamação da conjuntiva e da córnea, o Pterígio que é um desenvolvimento anormal em que a conjuntiva

---

<sup>4</sup> A escala Fitzpatrick, proposta em 1976, classifica a pele em seis fototipos diferentes, que estão diretamente relacionados a fotosensibilização inerente à radiação solar. Sendo o tipo 1 o mais sensível e relacionado às peles mais brancas, e o tipo 6 o menos sensível, relacionado às peles mais escuras. Como esse princípio parte de uma classificação empírica, algumas reações biológicas não são compreendidas por essa escala (Sociedade Brasileira de Dermatologia [s.d])

invade a córnea e está associado à mutações causadas nas células dos olhos devido a radiação ultravioleta e a Catarata, caracterizada pela opacificação do cristalino, tem como principal fator de risco a exposição aos raios UV, pode causar cegueira e se torna mais evidente em indivíduos de idade avançada.

Portanto, levando em conta todas as formas de radiação não ionizante que incidem nos corpos seja por fontes naturais ou artificiais, e a capacidade delas de provocarem enfermidades através das reações fotobiológicas, especialmente no setor trabalhista, deve-se haver a presença de todas as medidas de biossegurança necessárias para contenção e diminuição dessa exposição ocupacional. Com isso, projetando um cenário ideal, um profissional bem preparado para realizar técnicas na presença de radiação não ionizante no laboratório, integrado com um ambiente adequado para tais técnicas, não sofrerá com os danos causados por ela. Por isso os indivíduos, devem ter conhecimento dos riscos presentes durante sua exposição, e compreender claramente os diferentes efeitos que ocorrem ao entrar em contato com a radiação em específico a ultravioleta, como descritos acima e como se proteger deles (BRITTO FILHO& XAVIER, 2014).

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A radiação não ionizante se faz presente em diversos setores nos dias atuais, sua utilização tem sido muito difundida, pois através dela podem-se alcançar diversos propósitos. Prova disto é a comercialização de equipamentos emissores de radiação UV, que estão sendo destinados a população em geral, como mecanismo, principalmente, de combate à COVID-19, sem qualquer preocupação em relação a segurança ou mesmo orientação quanto aos possíveis danos causados à exposição aos raios ultravioleta.

Para o presente estudo, deu-se destaque aos ambientes laboratoriais, onde a radiação não ionizante, sobretudo a radiação ultravioleta é bastante inserida. Nesse sentido, buscou-se através da revisão bibliográfica responder questões referentes à segurança de pessoas, que são expostas à radiação durante determinado período.

A partir da análise dos aspectos físicos da radiação ultravioleta, como comprimento de onda, frequência e energia transportada, foi possível identificar as suas respectivas capacidades de causar dano quando em contato com o organismo. A partir dessa relação, foram apresentados alguns dos principais equipamentos emissores de radiação ultravioleta no laboratório, onde constatou-se que a maioria emite a radiação ultravioleta com maior capacidade de causar danos, a UVC, evidenciando a necessidade de proteções adequadas nesse ambiente.

Por isso, com o objetivo de que os danos referentes a exposição ocupacional fossem os mínimos possíveis e para comprovar a importância da proteção, não só de profissionais, mas de estudantes e qualquer pessoa, que possa entrar em contato eventualmente, buscou-se na literatura medidas recomendadas para que haja a proteção adequada dos agentes, assim como as boas práticas que os mesmos devem seguir.

Com isso, concluiu-se que as medidas de proteção, assim como as boas práticas durante as técnicas com a presença da radiação ultravioleta devem partir tanto da esfera administrativa do laboratório com limitação de acesso às áreas com maior emissão de radiação UV, sinalização adequada relacionadas à biossegurança e a disponibilização de EPIs, assim como dos profissionais e estudantes que devem ser orientados, seguindo a capacitação adequada e botando em prática os conhecimentos dos princípios de biossegurança adquiridos ao longo de sua formação. Dessa forma, é possível garantir maior segurança e menos complicações para todos os envolvidos.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. Segurança em Biotérios. In: TEIXEIRA, P.; VALLE, S.
- BIOSSEGURANÇA: uma abordagem multidisciplinar.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2010, P. 293-304.
- ARAÚJO, A.L.; FERREIRA, K.R. **A IMPORTÂNCIA DO USO DE PROTETORES SOLARES NA PREVENÇÃO DO FOTOENVELHECIMENTO E CÂNCER DE PELE.** Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia, v. 3, n. 1, 2015, p. 2-8.
- ARAUJO, T.S.; SOUZA, S.O. **Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta.** Scientia Plena, v. 4, n. 11, 2008. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/download/721/374>>. Acesso em: 15/10/2020.
- BALOGH, T.S.; VELASCO, M.V.R.; PEDRIALI, C.A.; KANEKO, T.M.; BABY, A.R. **Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção.** AnBras Dermatol, v. 86, n. 4, 2011, p. 732–742.
- BERG, H. **Johann Wilhelm Ritter** – The Founder of Scientific Electrochemistry. Review of Polarography, v. 54, n. 2, 2008, p. 99-103.
- BRITTO FILHO, C.; XAVIER, J. **Eficiência de tecidos fotoprotetores como equipamento de proteção individual contra os efeitos nocivos da radiação ultravioleta.** In: XIV SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS. 23 jul. 2014. Disponível em: <<http://proceedings.copec.org.br/index.php/shewc/article/view/2395>>. Acesso em: 5 abr. 2021.
- CAVICCHIOLI, A.; GUTZ, I. G. R. **O uso de radiação ultravioleta para o pré-tratamento de amostras em análise inorgânica.** Química Nova, v. 26, n. 6, 2003, p. 913–921.
- CDC. CENTRO DE PREVENÇÃO E CONTROLE DE DOENÇAS. Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA. **Biossegurança em Laboratórios Biomédicos e de Microbiologia.** 4ª edição. Washington. EUA. 1999. Tradução: Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Brasília, DF. 2000.
- COSTA, M.A.F.; COSTA, M.F.B. Contextualização da Biossegurança. COSTA, M.A.F.; COSTA, M.F.B. (Org.). In: **BIOSSEGURANÇA GERAL: para cursos técnicos da área da saúde.** Rio de Janeiro: PUBLIT, 2009.
- DAVID, C.L.; ÁVILA, J.S.G.; SILVA, L.E.; ROSA, F.C.S. **Manual de Biossegurança: biossegurança para laboratórios de ensino e pesquisa.** IMS/CAT – UFBA (Programa

Permanecer), 1ª edição, 2012. Disponível em <<http://www.academia.edu/download/45959813/Livro-biosseguranca-IMS1.pdf>>. Acesso em: 15/10/2020.

FRANCO, L.W. **RADIAÇÃO UV: efeitos, riscos e benefícios à saúde humana – proposta de sequência didática para o ensino de física.** Dissertação de Mestrado. Presidente Prudente – SP, 114 f., 2018.

HIRATA, M. H.; MANCINI FILHO, J. **Manual de biossegurança.** São Paulo: Manole, 2002.

HOUAISS, A. **Grande Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa.** Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

ICNIRP. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. **Statutes of the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection e. V.** Aprovado no encontro da Comissão realizado no Rio de Janeiro, Brasil, 2008. Disponível em: <<https://www.icnirp.org/cms/upload/doc/statutes.pdf>>. Acessado em: 12 mar. 2021.

ILDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INCA. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil.** Rio de Janeiro: INCA, 2019.

ISHAK, R.; LINHARES, A.C.; ISHAK, M.O.G. **Biossegurança no Laboratório.** Rev. Inst. Med. Trop., v. 31, n. 2, 1989, p. 126-131.

JUCHEM, P.P.; HOCHBERG, J.; WINOGRON, A.; ARDENGHY, M.; ENGLISH, R. **Riscos à Saúde da Radiação Ultravioleta.** Rev. Soc. Bras. Cir. Plast., v. 13, n. 2, 1998, p. 31-60.

KLEIN, R.C. **Ultraviolet light hazards from transilluminators.** Health Phys, v. 78, n. 5 (Suppl), 2000, p. S48-50.

LINCOLN, V.A.C. **Avaliação da radiação UV na córnea humana em procedimentos oftalmológicos.** Tese de Doutorado. São Carlos – SP, 194 f., 2012.

LOPES, L.G.; SOUSA, C.F.; LIBERA, L.S.D. **EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA E SEU PAPEL NA CARCINOGENESE DE PELE: uma revisão.** REFACER, v. 6, n. 2, 2017, p. 117-146. Disponível em: <<http://periodicos.unievangelica.edu.br/index.php/refacer/article/view/3327/2338>>. Acesso em: 14/10/2019.

MEDEIROS, L.N.; SANCHEZ, T.G. **Tinnitus and cell phones**: the role of electromagnetic radiofrequency radiation. *Braz J Otorhinolaryngol*, v. 82, n. 1, 2016, p. 97–104.

MICHAELIS. **Dicionário Escolar da língua Portuguesa**. São Paulo: Melhoramento, 2020 (on-line). Disponível em: < <https://michaelis.uol.com.br/>>. Acesso em: 16/10/2020.

MTb. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.214, 08 de junho de 1978. **Texto da Norma Regulamentadora, NR-15** – Atividades e Operações Insalubres, anexo 7.

MTE. Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. Portaria nº 25, de 29 de dezembro de 1994. **Texto da Norma Regulamentadora, NR-9** – Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos.

OKUNO, E.; VILELA, M.A.C. **RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA**: características e efeitos. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

OKUNO, E. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes**. Acidente radiológico de Goiânia. *Estudos Avançados*, v. 27, n. 77, 2013, p. 185-199.

OLIVEIRA, M.M.F. **RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA/ ÍNDICE ULTRAVIOLETA E CÂNCER DE PELE NO BRASIL**: condições ambientais e vulnerabilidades sociais. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 13, 2013, p. 60-73. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabelima/article/view/36764>>. Acesso em: 16/10/2019.

OLIVEIRA, S.R.; SILVA, M.O. **RADIOPROTEÇÃO**. COSTA, M.A.F.; COSTA, M.F.B. (Org.). In: **BIOSSEGURANÇA GERAL**: para cursos técnicos da área da saúde. Rio de Janeiro: PUBLIT, 2009.

PODSKOCHY, A. **Protective role of corneal epithelium against ultraviolet radiation damage**. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, v. 82, n. 6, 2004, p. 714-717.

RODITI, I. **Dicionário Houaiss de Física**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.

ROSA, G., GAUTO, M., GONÇALVES, F. **Química Analítica**: Práticas de Laboratório. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SBD. Sociedade Brasileira de Dermatologia. **Classificação dos fototipos de pele**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.sbd.org.br/dermatologia/pele/cuidados/classificacao-dos-fototipos-de-pele/>>. Acesso em: 8 abr. 2021.

- SGARBI, F.C; CARMO, E.D.; ROSA, L.E.B. **Radiação ultravioleta e carcinogênese**. Rev. Ciênc. Méd, v. 16, n. 4-6, 2007, p. 245-250. Disponível em: <<https://seer.sis.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/cienciasmedicas/article/view/1050>>. Acesso em: 18/10/2019.
- SIMÕES, M.A.; SANTOS, S.D.; DANTAS, D.D.M.D.M.; GALVÊZ, A.O. **ALGAS CULTIVÁVEIS E SUA APLICAÇÃO BIOTECNOLÓGICA**. E-book. Aracajú: IFS, 2016.
- SILVA, D.F.; BARROS, W.R.; ALMEIDA, M.C.C.; RÊGO, M.A.C. **Exposição a radiações eletromagnéticas não-ionizantes da telefonia celular e sintomas psiquiátricos**. Cad. Saúde Pública, v. 31, n. 10, 2015, p. 2110–2126.
- SVOBODOVA, A.; WALTEROVA, D.; VOSTALOVA, J. **Ultraviolet light induce alteration to the skin**. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub, v. 150, n. 1, 2006, p. 25-38.
- TEIXEIRA, P.; VALLE, S. **BIOSSEGURANÇA: uma abordagem multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2010.
- TOFETTI, M.H.F.C.; OLIVEIRA, V.R. A importância do uso do filtro solar na prevenção do fotoenvelhecimento e do câncer de pele. *Investigação*, v. 6, n. 1, 2006, p. 59-66.
- UEKI, S.Y.M.; GEREMIAS, A.L.; MONIZ, L.L.; LATRILHA, F.O.; BRITO, A.C.; GIAMPAGLIA, C.M.S.; SIMEÃO, F.C.S.; TELLES, M.A.S. **Cabine de segurança biológica: efeito da luz ultravioleta nas micobactérias**. Rev. Inst. Adolfo Lutz, v. 65, n. 3, 2006, p. 222-224.
- VECCHIA, P.; HIETANEN, M.; STUCK, B.E.; VAN DEVENTER, E.; NIU, S. Protecting workers from ultraviolet radiation. Oberschleißheim, Germany: International Commission on non-Ionizing Radiation Protection, 2007.
- XAVIER, A.M.; LIMA, A.G.; VIGNA, C.R.M.; BORTOLETO, G.G.; GORAIEB, K.; COLLINS, C.H.; BUENO, M.I.M.S. **Marcos da história da radioatividade e tendências atuais**. Quím. Nova, v. 30, n. 1, 2007, p. 83-91.