

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



Universidade Federal de Sergipe



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM EM FÍSICA SOBRE RADIAÇÕES  
SOLARES DO TIPO ULTRAVIOLETA E FOTOPROTEÇÃO**

ANTONIO CARLOS DE OLIVEIRA

São Cristóvão–SE  
Dezembro/2019

# SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM EM FÍSICA SOBRE RADIAÇÕES SOLARES DO TIPO ULTRAVIOLETA E FOTOPROTEÇÃO

ANTONIO CARLOS DE OLIVEIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal de Sergipe, no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Divanizia do Nascimento Souza.

São Cristóvão–SE

Dezembro/2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

O48s Oliveira, Antonio Carlos de  
Sequência didática para abordagem em física sobre radiações solares do tipo ultravioleta e fotoproteção / Antonio Carlos de Oliveira ; orientadora Divanizia do Nascimento Souza. -- São Cristóvão, 2019.  
169 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Sergipe, 2019.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Radiação ultravioleta. 3. Radiação solar. 4. Protetores contra radiação. 5. Espectro solar. I. Souza, Divanizia do Nascimento, orient. II. Título.

CDU 53:37

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM EM FÍSICA SOBRE  
RADIAÇÕES SOLARES DO TIPO ULTRAVIOLETA E  
FOTOPROTEÇÃO

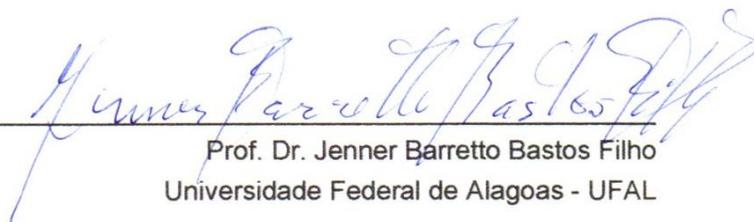
ANTÔNIO CARLOS DE OLIVEIRA

Banca:



---

Profª. Drª. Divanizia do Nascimento Souza - Orientadora  
Universidade Federal de Sergipe - UFS



---

Prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho  
Universidade Federal de Alagoas - UFAL



---

Prof. Dr. Sérgio Scarano Júnior  
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Dedico este trabalho a minha família, por acreditarem em mim e colaborar para a realização desse grande sonho.

Aproveito para pedir desculpas à minha esposa, Elís, e às nossas filhas, Letícia e Alice, e ao meu filho mais velho, Matheus, pela minha ausência nos momentos de lazer, no almoço e no jantar, nas atividades escolares e agora, no final, em quase tudo. Desculpas também pelas minhas pressas, pelo isolamento e pelas impaciências em alguns momentos, ao tempo em que agradeço de coração pela compreensão, pelo carinho e por todo apoio dispensado.

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de todos os agradecimentos, agradeço a Deus pela saúde e disposição concedidas para que eu pudesse chegar até o final.

À minha esposa, Elis, e às nossas filhas, Letícia e Alice, e ao meu filho, Matheus, que me alimentaram com carinho e amor.

À CAPES, à SBF, ao MNPEF e à UFS pela oportunidade de realizar esse mestrado tão importante para meu crescimento profissional.

À professora Divanízia do Nascimento Souza, minha orientadora, por sua dedicação, experiência, competência e por tudo o que fez para colaborar no planejamento e na execução de todas as etapas deste trabalho. Deixo aqui meu profundo agradecimento.

À professora Laélia Campos, que me “encorajou” a fazer o mestrado quando trabalhamos juntos no PIBID e por todas as motivações e apoio ao longo da caminhada.

Quero agradecer a todos os professores do Programa, sem exceção, pelo importante aprendizado em todas as oportunidades, na sala de aula, nos instantes de descontração, nas viagens para participação em eventos, até mesmo nas conversas informais nos corredores. Todos esses momentos foram fundamentais para meu desempenho.

A todos os colegas que tivemos oportunidades de estarmos juntos compartilhando informações, alegrias, reclames e aquele cafezinho com bolo nos intervalos das aulas.

Em especial, agradeço a Geane, Robson, Jéssica, Taiala, Magna e Késia, pessoas maravilhosas as quais me tornei mais próximo e amigo pelas afinidades, dificuldades e superações vividas. Ficarei na certeza de que nossas amizades se alimentarão eternamente das alegrias, respeito, confiança e colaboração incondicional que compartilhamos em todos os momentos.

A Cochiran, amigo, colega de trabalho e o mais novo docente integrante do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (Polo 11), pela importante colaboração na orientação das atividades práticas do produto.

À professora Martha Helena e às técnicas de secretaria, Iolanda e Andreia que foram importantes para conclusão da aplicação do produto, pela bravura em manterem a Escola Estadual Hamilton Alves Rocha funcionando no turno noturno até

o encerramento do ano letivo de 2018, mesmo diante a todas dificuldades. Também agradeço aos alunos das turmas de terceiros anos, C e D (2018), que colaboraram com muita dedicação e envolvimento para a realização desse trabalho.

## RESUMO

### SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM EM FÍSICA SOBRE RADIAÇÕES SOLARES DO TIPO ULTRAVIOLETA E FOTOPROTEÇÃO

Antonio Carlos de Oliveira

Orientadora:

Profa. Dra. Divanizia do Nascimento Souza

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Física (PPGPF) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O cotidiano promove oportunidades de aprendizagem diante os diversos fenômenos presentes em nossas vidas, dentre eles, aqueles que estão relacionados à física. Por isso, os conceitos físicos abordados em sala de aula precisam ter conexão com a vivência do aluno. Esta dissertação teve como objetivo geral elaborar um produto educacional a ser aplicado em turmas de 3º ano do Ensino Médio. O produto elaborado é uma sequência didática (SD) com enfoque em ciência-tecnologia-sociedade (CTS), com a finalidade de promover a aprendizagem de conceitos físicos relacionados a ondas eletromagnéticas, incluindo espectro de emissão da radiação eletromagnética, com ênfase na radiação ultravioleta e na importância da fotoproteção para a saúde do ser humano. Buscou-se abordar na SD, com mais ênfase, temas relacionados às radiações solares do tipo ultravioleta, suas interferências na saúde das pessoas, incluindo os riscos, benefícios e cuidados que devem ser tomados para proteção a esse tipo de radiação. A SD foi aplicada em duas turmas unificadas de terceiro ano do Ensino Médio do turno noturno na escola da rede pública estadual, Professor Hamilton Alves Rocha, no município de São Cristóvão, SE, no ano letivo de 2018 entre os meses de dezembro 2018 e janeiro de 2019. Entre as atividades da SD, foi construído, a partir de componentes básicos e materiais de fácil aquisição, um espectrofotômetro artesanal. Com esse equipamento foi possível quantificar níveis percentuais de absorção e transmitância em protetores solares em função do comprimento de onda da radiação incidida, no caso a UVA. Esta atividade e as demais da SD contribuíram para motivar e nortear a aprendizagem de conceitos da Física pertinentes ao tema e vistos tradicionalmente em sala de aula, relacionando aos fenômenos físicos observados no cotidiano. A tríade que compõe a SD, formada por conceituação científica, uso de tecnologia e implicações sociais contempla uma abordagem CTS.

Palavras-chave: Ensino de Física. Radiação Ultravioleta. Fotoprotetores. Espectrofotômetro.

## **ABSTRACT**

### **TEACHING SEQUENCE FOR PHYSICAL APPROACH ON ULTRAVIOLET SOLAR RADIATION AND PHOTOPROTECTION**

Antonio Carlos de Oliveira

Advisor:

Prof. Dr. Divanizia do Nascimento Souza

Master's dissertation submitted to the Professional Graduate Program in Physics Teaching (PPGPF) in the Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF), as part of the necessary requirements to obtain the title of Master's in Physics Teaching.

Everyday life promotes learning opportunities in view of the various phenomena present in our lives, including those related to physics. Therefore, the physical concepts approached in the classroom must have connection with the student's experience. This dissertation had as its main objective to elaborate an educational product to be applied in high school classes. The elaborated product is a teaching sequence (TS) focused on a science-technology-society (STS) approach. The purpose of the TS is promoting the learning of physical concepts related to electromagnetic waves, including electromagnetic radiation emission spectrum, with emphasis on ultraviolet radiation, and the importance of photoprotection for human health. The TS focuses more on issues related to ultraviolet solar radiation, its interference with people's health, including the risks, benefits and care that must be taken to protect against such radiation. The activities were applied to two third-year high school classes in a public school in the metropolitan region of Aracaju, SE. Among the TS's activities, there was also the presentation of the basic components, assembly and use of a handcrafted spectrophotometer, constructed with materials easily acquired. This equipment was used to quantify the absorption levels of sunscreens, as a function of the wavelength of the radiation incident on them. This made it possible to relate the effectiveness of using the sunscreens against the effects of ultraviolet radiation. The activities contributed to motivate the students in the acquisition of physical concepts relevant to the content addressed. The triad that makes up the teaching sequence, structured by scientific conceptualization, use of technology and social implications, contemplates an STS approach.

Keywords: Physics Teaching. Ultraviolet radiation. Photoprotectors. Spectrophotometer.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Incidência dos raios solares sobre a Terra.....	23
<b>Figura 2.2.</b> Equações de Maxwell.....	24
<b>Figura 2.3.</b> Oscilação dos campos elétrico e magnético de uma onda eletromagnética.....	25
<b>Figura 2.4.</b> Representação de um fóton de luz.....	28
<b>Figura 2.5.</b> Espectro Eletromagnético.....	29
<b>Figura 2.6.</b> Região da luz visível.....	31
<b>Figura 2.7.</b> Valores de frequência, comprimento de onda e energia do Espectro Eletromagnético.....	31
<b>Figura 2.8.</b> Espectro parcial da RUV.....	33
<b>Figura 2.9.</b> Ângulo Zenital.....	33
<b>Figura 2.10.</b> Capacidade de penetração da RUV sobre a pele.....	36
<b>Figura 2.11.</b> Porcentagem de RUV na pele.....	36
<b>Figura 2.12.</b> Quebra de parte da estrutura do DNA pela RUV.....	37
<b>Figura 2.13.</b> Espectrofotômetro.....	40
<b>Figura 2.14.</b> Esquema óptico dos principais elementos de um espectrofotômetro.....	41
<b>Figura 2.15.</b> Resistor sensível à luminosidade (LDR) .....	41
<b>Figura 3.1.</b> Entrada do Colégio Estadual Hamilton Alves Rocha.....	42
<b>Figura 3.2.</b> Cultura do bronzeamento.....	45
<b>Figuras 3.3, 3.4 e 3.5.</b> Consequências da radiação ultravioleta.....	45
<b>Figura 3.6.</b> Penetração e características da UV.....	46
<b>Figura 3.7.</b> Penetração da radiação na camada de ozônio.....	48
<b>Figura 3.8.</b> Elementos de uma onda eletromagnética.....	51
<b>Figura 3.9.</b> Espectro eletromagnético.....	51
<b>Figura 3.10.</b> Reflexão e espalhamento da RUV pelo fotoprotetor.....	53
<b>Figura 3.11.</b> Espectrofotômetro.....	54
<b>Figura 3.12.</b> Resistor sensível à luminosidade (LDR).....	55
<b>Figura 3.13.</b> Diodo Emissor de Luz (LED).....	56
<b>Figura 3.14.</b> Kit de montagem do Espectrofotômetro.....	57
<b>Figura 3.15.</b> Circuito elétrico com imagens.....	58
<b>Figuras 3.16 e 3.17.</b> Equipes trabalhando na montagem e no teste do Espectrofotômetro.....	59
<b>Figura 3.18.</b> Conectores elétricos do tipo engate rápido.....	59
<b>Figuras 3.19 e 3.20.</b> Pré-montagem e conclusão do primeiro protótipo.....	60
<b>Figura 3.21.</b> Equipe realizando medidas dos valores de referência na tabela 3.2.....	63
<b>Figura 3.22.</b> Equipe de alunos realizando medidas dos valores com o porta-amostra.....	64
<b>Figura 3.23.</b> Equipe de alunos aplicando fotoprotetor no porta-amostra.....	64
<b>Figura 3.24.</b> Equipe de alunos realizando medidas de valores com fotoprotetor.....	65
<b>Figura 3.25.</b> Tabela 3.2 preenchida por uma equipe de alunos com os cálculos resolvidos.....	66
<b>Figura 4.1.</b> Propagação da onda eletromagnética.....	79

# Sumário

<b>Capítulo 1 Introdução</b> .....	11
<b>1.1 Objetivos</b> .....	14
<b>Capítulo 2. Fundamentação Teórica</b> .....	17
<b>2.1 Os PCNs, a BNCC e o Ensino de Física</b> .....	17
<b>2.2 Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)</b> .....	21
<b>2.3 Radiação solar</b> .....	22
<b>2.4 Ondas Eletromagnéticas</b> .....	25
<i>2.4.1 Comprimento de onda, período, frequência e energia</i> .....	26
<b>2.5 O espectro eletromagnético</b> .....	28
<b>2.6 A Radiação Ultravioleta</b> .....	32
<i>2.6.1 Fatores atenuantes da radiação ultravioleta</i> .....	33
<i>2.6.2 Efeitos das radiações ultravioleta sobre a pele</i> .....	34
<i>2.6.3 Interação da radiação ultravioleta sobre o protetor solar</i> .....	38
<b>2.7 A espectroscopia e o espectrofotômetro</b> .....	39
<b>Capítulo 3 Metodologia</b> .....	42
<b>3.1 Escola de Aplicação do Produto e perfil do aluno</b> .....	42
<b>3.2 O Produto</b> .....	43
<i>3.3.1 ENCONTRO 1 – A radiação ultravioleta no cotidiano</i> .....	44
<i>3.3.2 ENCONTRO 2 – Revisão sobre ondas eletromagnéticas e espectro eletromagnético</i> .....	49
<i>3.3.3 ENCONTRO 3 – Conceito de energia e atuação dos fotoprotetores</i> .....	52
<i>3.3.4 ENCONTRO 4 – O Espectrofotômetro e a montagem de um protótipo</i> .....	54
<i>3.3.5 ENCONTRO 5 – Medidas com fotoprotetores</i> .....	60
<b>Capítulo 4 Resultados e Discussões</b> .....	67
<b>4.1 Discussão sobre a Aplicação do Produto</b> .....	67
<i>4.1.1 ENCONTRO 1 – A RUV no cotidiano</i> .....	68
<i>4.1.2 ENCONTRO 2 – As ondas eletromagnéticas e o espectro de emissão da radiação solar</i> .....	76
<i>4.1.3 Encontro 3 – Energia</i> .....	83
<i>4.1.4 ENCONTRO 4 – O espectrofotômetro</i> .....	90
<i>4.1.5 ENCONTRO 5 – Medidas com fotoprotetores</i> .....	91
<b>Capítulo 5 Considerações Finais</b> .....	98
<b>Referências</b> .....	100
<b>APÊNDICE 1 – Conjunto de imagens sugeridas</b> .....	104
<b>APÊNDICE 2 – Material de apoio para revisão</b> .....	106
<b>APÊNDICE 3 – Questionário 1</b> .....	107
<b>APÊNDICE 4 – Questionário 2</b> .....	108
<b>APÊNDICE 5 – Questionário 3</b> .....	110
<b>APÊNDICE 6 – Tabelas de quantitativos das respostas dos questionários</b> .....	113
<b>APÊNDICE 7 – O LDR</b> .....	114
<b>APÊNDICE 8 – Materiais para montagem do espectrofotômetro</b> .....	116

<b>APÊNDICE 9 – Tabela de medidas para fotoprotetores .....</b>	<b>117</b>
<b>APÊNDICE 10 – Tabela de medições por equipe.....</b>	<b>118</b>
<b>APÊNDICE 11 – Análises gráfica dos LEDs UVA 363 nm e 375 nm.....</b>	<b>121</b>
<b>APÊNDICE 12 – Comparativo entre os LEDs UVA 363 nm e 375 nm.....</b>	<b>123</b>
<b>APÊNDICE 13 – Descritivo para montagem do espectrofotômetro.....</b>	<b>124</b>
<b>APÊNDICE 14 – Circuito elétrico para o espectrofotômetro.....</b>	<b>128</b>
<b>APÊNDICE 15 – PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>129</b>

# Capítulo 1

## Introdução

Sem a utilização da contextualização nas abordagens dos conteúdos da disciplina de Física no Ensino Médio (EM), o aluno tende a se dispersar por não conseguir fazer uma conexão entre os conceitos vistos em sala de aula e os fenômenos físicos que ele vivencia no dia a dia (BRASIL, 2002).

Muitas vezes, o professor de Física, ao fazer menções a processos físicos que poderiam ser observados no cotidiano, opta por exigir dos alunos a memorização de fórmulas e a reprodução sistematizada de procedimentos matemáticos através de questões abstratas e completamente distantes da realidade dos alunos (SANTOS, 2007).

Portanto, é importante a busca por maiores incentivos e avanços que promovam a inclusão de práticas de ensino de física mais voltadas para o cotidiano do aluno e que auxiliem na aprendizagem de conteúdos de maior significado e sentido explícito no momento da abordagem dos assuntos (BRASIL, 2000). Isso vem sendo uma preocupação de muitos professores por perceberem nos alunos uma necessidade de encontrar um sentido em aprender a física mais voltada para seu dia a dia (PUGLIESE, 2017).

No contexto da formação acadêmica, é apresentada a necessidade de que o ensino de física na educação básica esteja em sintonia com o desenvolvimento tecnológico e, conseqüentemente, social, pois o perfil da nova sociedade se faz, em parte, influenciado pelos recursos tecnológicos facilmente disponíveis, e, naturalmente, esse novo perfil está presente nos estudantes. Desse modo, sugere-se a necessidade de que no ensino da física a escola disponha de recursos que relacionem as novas tecnologias aos novos hábitos da sociedade.

Telejornais, programas de rádio, redes sociais, páginas da web e outros veículos de comunicação exibem frequentemente campanhas de conscientização em favor da prevenção contra o câncer de pele, incentivando o uso de filtros de proteção solar contra a radiação ultravioleta (UV), como os

protetores solares para pele, vestimentas especiais, óculos etc. São também divulgadas previsões sobre os índices de radiação UV nas diversas regiões do país, com alerta para os riscos extremos nos horários de maior incidência solar. Como os jovens estão sujeitos a toda essa gama de informações sobre os efeitos da radiação e a importância da proteção solar, faz-se necessária uma maior relação entre essas informações e os conteúdos sobre as radiações solares abordados em sala de aula.

O estudo das radiações, em particular da radiação UV, está previsto no Eixo Estruturante 5 dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para o Ensino Médio, volume 2 (BRASIL, 2006), com a ideia de propiciar condições e ampliar as discussões para outras áreas das ciências, como biologia e química, que guardam relações com o tema radiações ultravioleta e suas interferências ao meio ambiente e ao ser humano.

Ainda com base nessas orientações curriculares, a abordagem sobre os efeitos das radiações no EM precisa ter um cunho investigativo na busca do senso questionador e crítico do aluno. Essa abordagem permite, desse modo, que o conhecimento adquirido não seja meramente técnico e fora do contexto social do aluno e o auxilie a criar seus próprios questionamentos e respostas sobre os efeitos das radiações. Para isso, é importante que o aluno seja motivado a expor seus conhecimentos prévios, de modo a relacioná-los aos conteúdos apresentados em sala (NOVAK, 1984). Também se faz necessário que a abordagem contextualizada envolva as origens históricas que geraram os conhecimentos científicos sobre o tema tratado, ampliando a visão de mundo do aluno (BRASIL, 2006).

Conforme Santos (2007, p. 1),

Com o agravamento dos problemas ambientais e diante de discussões sobre a natureza do conhecimento científico e seu papel na sociedade, cresceu no mundo inteiro um movimento que passou a refletir criticamente sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Tal movimento tem induzido currículos que agregam conteúdos com enfoque em ciência-tecnologia-sociedade (CTS) por se considerar que o avanço científico e tecnológico tem influência sobre a vida social das pessoas (SANTOS, 2007; GOMES; BATISTA; FUSINATO, 2017).

Um exemplo de abordagem CTS no EM envolvendo radiações foi apresentado por Cardoso, Viana e Coutinho (2016). A abordagem ocorreu em curso técnico de Mecânica Industrial e considerou que os egressos do curso poderão atuar profissionalmente em processos produtivos que empreguem radiações. As atividades foram organizadas na forma de sequências de ensino investigativas, envolvendo aspectos da radioatividade relacionados às disciplinas do núcleo comum do EM e elementos desse tema relacionados às disciplinas técnicas do curso em questão.

Segundo Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007, p. 77),

Com o enfoque CTS, o trabalho em sala de aula passa a ter outra conotação. A pedagogia não é mais um instrumento de controle do professor sobre o aluno. Professores e alunos passam a descobrir, a pesquisar juntos, a construir e/ou produzir o conhecimento científico, que deixa de ser considerado algo sagrado e inviolável.

Assim, torna-se necessário que professores conduzam suas ações práticas buscando a formação de pessoas que apresentem senso de análise crítica e competência para interpretação e discussão. Deve, portanto, a escola desenvolver costumes que levem o aluno ao conhecimento da ciência através do entendimento do meio em que vive. Logo, considerando-se necessário que os jovens compreendam a dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico, resultante de fatores relacionados aos aspectos culturais, políticos e econômicos da sociedade, pretende-se contribuir, por meio deste estudo, para uma abordagem sobre radiação ultravioleta.

Diante dos argumentos apresentados, foi escolhido um tema que aborda a importante relação entre o cotidiano dos alunos e a sala de aula, *as radiações solares com ênfase na radiação ultravioleta*.

Essa ideia surgiu de uma análise da minha experiência em sala de aula, onde observo resultados pouco positivos quanto ao aprendizado sobre radiações por falta de discussões relativas ao cotidiano e aplicações práticas, como o desenvolvimento e a utilização de experimentos. Essa escolha considera que a abordagem desse tema pode proporcionar um amplo conhecimento dos conceitos sobre as radiações eletromagnéticas e demais conceitos físicos envolvidos nos estudos das radiações.

Logo, a proposta deste trabalho é a aplicação de uma sequência didática (SD) usando abordagem CTS, de modo a promover uma relação mais estreita entre os conceitos relacionados ao espectro de emissão da radiação eletromagnética, em particular as radiações ultravioletas, e os benefícios e as implicações dessa radiação no tocante à saúde do ser humano. Aborda-se também sobre algumas das tecnologias disponíveis que podem colaborar para proteção contra os riscos à saúde causados por essas radiações. Para a sequência didática foi construído um espectrofotômetro de baixo custo, com o qual pode-se realizar experimentos envolvendo a interação da radiação ultravioleta com a matéria.

Considerando a importância da abordagem no ensino de Física na escola básica, principalmente no 3º ano do Ensino Médio, de temas envolvendo conceitos físicos relativos à radiação ultravioleta e sobre a relação entre os efeitos da exposição a esse tipo de radiação e da promoção de conhecimentos sobre as formas de proteção aos riscos induzidos por tal tipo, idealizou-se o produto educacional apresentado nesta dissertação.

## **1.1 Objetivos**

Este trabalho teve como objetivo geral elaborar um produto educacional a ser aplicado em turmas de 3º ano do Ensino Médio. O produto elaborado é uma sequência didática que emprega abordagem CTS com a finalidade de promover a aprendizagem de conceitos físicos relacionados a ondas eletromagnéticas, incluindo espectro de emissão da radiação eletromagnética, com ênfase na radiação ultravioleta e na importância da fotoproteção para a saúde do ser humano.

### **Objetivos Específicos:**

- 1) Promover nos alunos um melhor entendimento sobre situações presentes no seu dia a dia, tomando como base a CTS, como alguns fenômenos da natureza com riscos e benefícios à saúde, tecnologias envolvidas nas

aplicações das radiações ultravioleta (RUV), compreensão e diferenciação entre as radiações ultravioleta A, B e C (UVA, UVB e UVC) por meio dos conceitos sobre comprimento de onda, como frequência e energia.

2) Desenvolver e utilizar um espectrofotômetro para observação e entendimento da interação entre a RUV e o protetor solar e entre a RUV e a substância não protetora solar.

**A seguir, tem-se um resumo da SD desenvolvida:**

- Na primeira etapa, ocorreu a apresentação de um vídeo curto e de imagens diversas em que são abordados aspectos da radiação solar, em particular da radiação ultravioleta, como características físicas e interferências na saúde do ser humano, importância do uso do protetor solar e efeitos do bronzeamento. Essa etapa foi complementada com a resolução de um questionário relativo aos argumentos apresentados.
- Na segunda, foi apresentada uma revisão sobre as ondas eletromagnéticas e o espectro de emissão da radiação eletromagnética, embasada nos conceitos físicos mais relevantes para esse tópico. Essa etapa foi complementada com a resolução de um questionário com questões pertinentes à revisão.
- Na terceira etapa foi apresentado o conceito de energia, com a utilização de imagens e a resolução de questões complementares. Em seguida, foram apresentadas noções sobre a interação da radiação com a matéria, o que se deu através de conteúdos e imagens.
- Na quarta etapa, foi apresentada uma introdução ao espectrofotômetro com suas principais aplicações e os componentes básicos para a construção de um protótipo. Em seguida, ocorreram a montagem do espectrofotômetro e a verificação do seu funcionamento através do acendimento do diodo emissor de luz.

- Na quinta etapa, ocorreram medições que correspondem ao percentual de transmitância da radiação ultravioleta incidida em soluções cosméticas, como protetores solares e hidratantes.

Esse conjunto de ações estrategicamente elaborado resume o produto educacional que será apresentado com mais detalhe neste estudo.

## Capítulo 2

### Fundamentação Teórica

#### 2.1 Os PCNs, a BNCC e o Ensino de Física

Segundo os PCN+ (BRASIL, 2002), a elaboração de uma proposta didática de ensino deve apresentar aspectos que sejam relevantes para a vida dos alunos, gerando uma relação próxima entre os conhecimentos aprendidos nas práticas do cotidiano e os conteúdos trabalhados em sala de aula. Portanto, o professor deverá gerir estratégias que possam enriquecer os conteúdos científicos com aspectos econômicos, socioambientais e tecnológicos, tornando-os mais significativos e auxiliando os alunos a desenvolverem a autocrítica.

Segundo a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018), no Ensino Médio os estudantes com maior vivência e maturidade têm condições para aprofundar o exercício do pensamento crítico, realizar novas leituras do mundo, com base em modelos abstratos, e tomar decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema.

A disciplina Física sistematiza propriedades da matéria, fornecendo recursos instrumentais e linguísticos que são naturalmente aceitos por outras disciplinas. Aplicando-se métodos culturalmente significativos e contextualizados, a física ultrapassa os domínios disciplinares restritos. A compreensão do funcionamento, por exemplo, de um motor a combustão interna ou elétrico, os princípios da moderna telecomunicação e o uso clínico das radiações para fins diagnósticos e terapêuticos, entre outros mais, permitem uma visão de mundo mais abrangente do aluno (BRASIL, 2000).

Segundo a BNCC (2018), o desenvolvimento, as aplicações dessas práticas e a interdisciplinaridade com as demais áreas do conhecimento estimulam discussões sobre as implicações éticas, socioculturais, políticas, educacionais e econômicas de temas relacionados às Ciências da Natureza.

Historicamente, as teorias físicas têm uma estreita e complexa relação com o contexto histórico-social em que foram desenvolvidas. Nesse sentido, o ensino de física deve auxiliar contribuindo para a capacidade de discernimento

dos alunos, a fim de que sejam capazes de avaliar a veracidade das informações ou opiniões e que tenham juízo de valor diante de situações sociais em que fenômenos físicos são protagonistas (BRASIL, 2000).

Na abordagem dos conteúdos no EM, são apresentadas, frequentemente, teorias agregadas a abstrações, quando deveria ser apresentado um embasamento em exemplos práticos vividos pelos alunos e professores (BRASIL, 2000). A ênfase na teoria determina o uso de fórmulas em situações não naturais, desvinculando o sentido matemático do significado físico que essas fórmulas representam.

As Orientações Curriculares (BRASIL, 2000) propõem que o jovem seja preparado para ser capaz de lidar com situações reais, como crises de energia, problemas ambientais, alterações meteorológicas, concepções de universo, nomes de exames médicos, notícias sobre efeitos da radiação solar e outras notícias do cotidiano, de modo que essa preparação lhe auxilie na sua vida. Essas são algumas das finalidades para que o conhecimento a ser apreendido em Física não se limite a uma dimensão pragmática, a um conhecimento intenso e imediato, mas, sim, que esses conhecimentos sejam concebidos dentro de uma concepção humanista e com sentido amplo que atinja as dimensões do perfil do cidadão que pretendemos ajudar a construir. Portanto, torna-se natural substituir a preocupação central com os conteúdos por uma identificação das competências que os alunos terão necessidade de adquirir em seu processo de formação da escolaridade.

Na Educação Básica, a área de Ciências da Natureza deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar propostas alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias (BRASIL, 2018).

Segundo a BNCC (BRASIL, 2018), na articulação com as competências gerais da Educação Básica, seja no Ensino Fundamental ou no Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve garantir aos estudantes o desenvolvimento de competências específicas.

Uma das competências específicas de ciências da natureza e suas tecnologias para o Ensino Médio é analisar fenômenos naturais e processos

tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global. Portanto, nessa competência específica, os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades e de limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos (BRASIL, 2018).

Os PCNs apresentam temas estruturadores que devem ser tratados de modo não isolado, em sintonia com outras disciplinas. Entre eles estão assuntos envolvendo radiações. Logo, introduzir temas como esses no Ensino Médio é promover uma maior discussão, o que significa, por exemplo, possibilitar aos alunos uma maior capacidade para avaliar melhor riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações no cotidiano, compreender os recursos de diagnóstico médico como radiografias, tomografias e outros (BRASIL, 2002).

Segundo o PCN+ (BRASIL, 2002), o desenvolvimento da microtecnologia, bem como outros avanços nas áreas das tecnologias, depende cada vez mais das aplicações das radiações.

No PCN+, o eixo estruturador 5 apresenta as unidades temáticas que envolvem conteúdos sobre radiações e suas interações. Essas unidades preveem o desenvolvimento de competências que possibilitem aos alunos (BRASIL, 2002, p.78):

- ✓ Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de micro-ondas, tomografia etc.).
- ✓ Compreender os processos de interação das radiações com os meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias.
- ✓ Avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não-ionizantes em situações do cotidiano.

O aprofundamento nas aulas do Ensino Médio sobre os temas abordados no eixo estruturador 5 dos PCNs não vem sendo priorizado, apesar da sua

importância. A justificativa está pautada na falta de recursos tecnológicos e inovadores que estimulem os professores a explorarem temas sobre as radiações, de modo a promover ao aluno uma compreensão mais ampla e associada a seu cotidiano.

É possível citar que revistas científicas, a exemplo da *Revista Brasileira de Ensino de Física*, do *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* e outros meios conceituados, têm publicado vários artigos acesso livre que tratam do estudo das radiações, inclusive com alguns trabalhos que referenciam as radiações voltados para o Ensino Médio.

Barboza (2012) faz uma proposta de um ensino utilizando atividades embasadas em contextualização da física das radiações com aprofundamento nas radiações solares, considerando sua importância na vida das pessoas, portanto pertinente ao cotidiano dos alunos.

Considerando as bases dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, Cardoso (2017) apresenta uma proposta voltada para a disciplina de Física no curso técnico médio em Mecânica Industrial, mostrando que as práticas elaboradas e desenvolvidas colaboram para a construção, na formação dos alunos, de uma cultura mais racional e crítica sobre o uso da tecnologia nuclear.

Por sua vez, o programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) apresenta dissertações com temas sobre as radiações.

Oliveira (2019) propõe, através de uma sequência didática, o estudo sobre a física contemporânea para alunos do terceiro ano do EM, envolvendo conceitos sobre as ondas eletromagnéticas e o espectro de emissão da radiação eletromagnética, em especial os raios X, aplicando métodos de diagnóstico do câncer de mama, tomando como base situações-problema.

Barros (2018) sugere o estudo sobre o espectro de emissão das radiações eletromagnéticas e suas aplicações sobre os avanços tecnológicos presentes na vida dos indivíduos, através de uma sequência didática com base em estudo de caso, voltada para alunos do terceiro ano do EM.

Existe uma razoável disponibilidade de estudos e produtos educacionais que abordam o estudo do espectro de emissão da radiação, portanto se trata de um número ainda tímido diante da importância desse tema para o Ensino Médio.

Nesse contexto, a atualização de práticas pedagógicas que envolvam o tema radiações devem ser incentivada, principalmente por se tratar de um tema que relaciona situações do cotidiano das pessoas envolvendo os aspectos científicos, tecnológicos e crítico-sociais.

## **2.2 Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS)**

A ciência e a tecnologia têm exercido forte influência no comportamento da sociedade, chegando ao ponto de termos uma automatização do raciocínio científico sobre o perfil do homem moderno (BERNARD; CROMMELINCK, 1992). Isso também se justifica na ideia de Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), quando afirmam que o homem moderno confia incondicionalmente na eficiência da ciência e da tecnologia como algo divino.

Dada a relevância do pensamento científico, pode-se assinalar que, no ensino de física, a abordagem CTS deve ser considerada como uma base que remete o ensino de ciência a um aprendizado contextualizado. Segundo Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988), a abordagem CTS pode ser tomada como uma característica que contextualiza o ensino de física dentro de uma realidade verdadeira do meio social, em que os alunos relacionam suas vivências do dia a dia com a tecnologia e a ciência que o cercam.

A motivação para trabalhar um tema da física embasado na abordagem CTS surge da necessidade de uma mudança significativa em transformar as informações passadas pelo professor aos alunos em conhecimentos internalizados e com significado, colaborando, portanto, para uma formação dos alunos mais pautada no senso crítico social. No entanto, o ensino de física ainda mantém características de uma educação pautada no formalismo, longe de uma realidade e, conseqüentemente, descontextualizada (CHIQUETTO, 2011, p. 5).

Em definição, a proposta curricular CTS está baseada na integração entre a educação científica, tecnológica e social. Desse modo, os conteúdos científicos e tecnológicos devem ser amparados pelos aspectos históricos, políticos, éticos e socioeconômicos (LÓPEZ; CERESO, 1996).

Para Roberts (1991), os currículos com ênfase CTS tratam das inter-relações entre explicação científica, planejamento tecnológico, solução de problemas e tomada de decisão sobre temas práticos de relevante importância social. Conforme descrito por Santos e Mortimer (2002, p.3), esses currículos apresentam concepções que consideram:

- (i) Ciência como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais;
- (ii) Sociedade que busca desenvolver, no público em geral e nos cientistas, uma visão operacional sofisticada de como são tomadas decisões sobre problemas sociais relacionados à ciência e à tecnologia;
- (iii) Aluno como um ser preparado para tomar decisões inteligentes e que compreendam a base científica da tecnologia e a base prática das decisões;
- (iv) Professor como aquele que desenvolve o conhecimento e o comprometimento com as inter-relações complexas entre ciência, tecnologia e decisões.

Diante desse contexto, o espectro eletromagnético foi o tema escolhido que serviu como base para o ensino de conceitos da física, em particular os associados à radiação ultravioleta, que, diante de toda sua importância e ocorrência no cotidiano das pessoas, permite uma proposta com abordagem CTS.

### **2.3 Radiação solar**

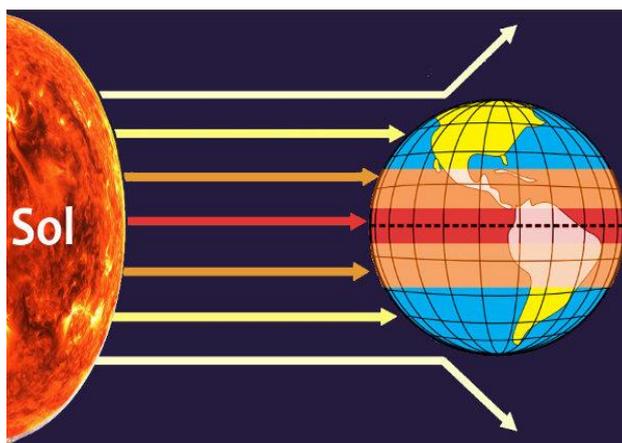
O Sol é uma estrela gasosa luminosa e principal fonte das radiações eletromagnética que incidem sobre a Terra, que são, essencialmente, as radiações infravermelha, visível e ultravioleta. Essas radiações são transportadas através de ondas eletromagnéticas e viajam no espaço na velocidade da luz e levam 8,3 minutos para viajar do Sol até a superfície terrestre. Portanto, o fluxo de energia proveniente do sol que chega na superfície terrestre é chamado de constante solar (ASSUNÇÃO, 2003).

O raio médio do Sol mede 696.000 km, o que é aproximadamente 100 vezes o raio da Terra; sua superfície tem  $6,08 \times 10^{12} \text{ km}^2$  e sua temperatura na superfície é de aproximadamente  $6.000^\circ\text{C}$ .

Grande parte da radiação solar incidida sobre a Terra é refletida para o espaço, outra parte é absorvida ou espalhada, sendo que parte desse

espalhamento chega à superfície terrestre com intensidade bem menor e outra parte incide diretamente sobre a Terra (ASSUNÇÃO, 2003).

A **figura 2.1** mostra uma maior intensidade da radiação solar nas imediações da Linha imaginária do Equador, nos equinócios, e uma gradativa diminuição dessa intensidade em regiões mais distantes do Equador, representada pela variação das cores das setas na figura, em decorrência do aumento do ângulo de incidência, em função da forma esférica da Terra.



**Figura 2.1.** Incidência dos raios solares sobre a Terra nos equinócios.

Fonte: <<https://suportegeografico77.blogspot.com/2017/12/quais-as-relacoes-entre-o-clima-e-as.html>>. Acesso em: 10 out. 2018

De toda a radiação solar que atinge a Terra, apenas 25% chega à superfície de forma direta, sem nenhuma interferência. A essa incidência é dado o nome de insolação direta, sendo que algo em torno de 10% dessa radiação está na faixa da radiação ultravioleta (UV).

A radiação solar tem uma direta e essencial relação com as atividades dos seres humanos em seu cotidiano, determinando calendários, estações do ano, o aquecimento sazonal da terra, a iluminação natural, além da interferência na saúde do homem, provocando efeitos maléficos e benéficos como a cicatrização e a síntese da vitamina D (OKUNO; VILELA, 2005). O Sol emite energia praticamente em todos os comprimentos de onda conhecidos com diferentes intensidades. A esse conjunto de comprimentos de onda é dado o nome de espectro eletromagnético que no caso solar é bem caracterizado por uma curva de corpo negro.

## 2.4 Ondas Eletromagnéticas

Seria impossível imaginar a vida terrestre sem as radiações solares emitidas que proporcionam calor e luz. Também seria difícil imaginar a nossa atual sociedade sem a interferência das ondas eletromagnéticas. São várias as energias que se propagam no espaço, algumas provenientes de fontes que estão no nosso dia a dia, como a energia térmica emitida por uma chama, os raios X emitidos em exames radiográficos e tratamentos de doenças como o câncer, no aquecimento de alimentos em micro-ondas, nas transmissões de sinais de radiodifusão e tantas outras fontes de radiação eletromagnética.

As ondas eletromagnéticas (OE) foram conceituadas inicialmente pelo físico escocês James Clark Maxwell, que tomou como base as descobertas de alguns estudiosos, como Oersted e Faraday. Segundo Maxwell, a partir de um dipolo elétrico oscilante, temos um campo magnético (CM) variável, gerando um campo magnético induzido, bem como um campo elétrico (CE) variável gera um campo magnético induzido (STEFANOVITS, 2013). Esses fenômenos eletromagnéticos concluídos por Maxwell podem ser verificados pelas quatro equações por ele formuladas (**figura 2.2**).

Nome	Forma diferencial
Lei de Gauss	$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
Lei de Gauss para o magnetismo	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$
Lei de Faraday da indução	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
Lei de Ampère (com a correção de Maxwell)	$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$

**Figura 2.2.** Equações de Maxwell.

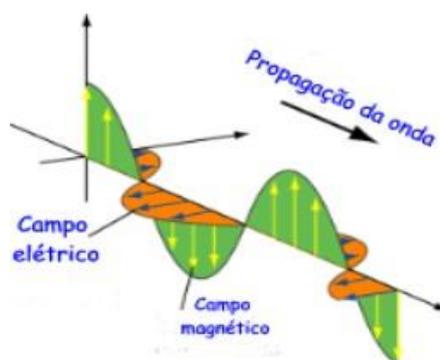
Fonte: <[http://farinas.df.ufscar.br/PrincipiosDeFisicaAulas22-25\\_SuporteEletromag.html](http://farinas.df.ufscar.br/PrincipiosDeFisicaAulas22-25_SuporteEletromag.html)>. Acesso em: 08 jul. 2019

As Ondas Eletromagnéticas podem ser geradas por cargas elétricas aceleradas em um dipolo elétrico oscilante, como ocorre nas antenas, ou por

meio do salto de elétrons entre diferentes camadas orbitais. Dentre algumas das suas aplicações estão o rádio, a televisão, as telecomunicações em geral, os aparelhos de raios X etc. (STEFANOVITS, 2013).

Maxwell fez sua primeira concepção sobre a existência de uma onda eletromagnética em 1864, quando provou teoricamente que a onda eletromagnética se propaga no vácuo com a velocidade da luz.

As OE se propagam no espaço independentemente de meio material; os módulos dos seus campos elétricos e magnéticos são perpendiculares e oscilam em concordância de fase, ou seja, quando o campo magnético é máximo, o campo elétrico também é máximo. Ambos os campos, magnético e elétrico, são perpendiculares à direção de propagação, o que caracteriza a onda eletromagnética como transversal, que se propaga no vácuo com a velocidade da luz  $c = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$  (OKUNO; YOSHIMURA, 2010). A **figura 2.3** esquematiza a propagação de uma onda eletromagnética e mostra as características dos campos elétrico e magnético.



**Figura 2.3.** Oscilação dos campos elétrico e magnético de uma onda eletromagnética.

Fonte:

<[www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm)>. Acesso em: 10 ago. 2019.

A velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo foi proposta por Maxwell através de uma equação, qual seja:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (2.1)$$

Nessa equação, se conhece  $\epsilon_0$  como a permissividade elétrica do vácuo:  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$  e  $\mu_0$  como a permeabilidade magnética no vácuo:  $\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \frac{T.m}{A}$ . Portanto, substituindo os valores de  $\epsilon_0$  e de  $\mu_0$  em (2.1), encontramos a velocidade:  $c = 3,0 \times 10^8 \frac{m}{s}$ , valor igual ao da velocidade da luz no vácuo. O resultado levou Maxwell a concluir que a radiação luminosa é também uma onda eletromagnética.

Em 1887, o físico alemão Heinrich Rudolf Hertz realizou experimentalmente a comprovação da existência da onda eletromagnética. Com a utilização dos conhecimentos sobre oscilações eletromagnéticas e ressonância, ele produziu e identificou ondas eletromagnéticas que posteriormente foram classificadas como ondas de rádio. Hertz conseguiu mostrar que as ondas de rádio, bem como as ondas luminosas, podem ser refletidas e refratadas (HALLIDAY et al., 2012).

#### **2.4.1 Comprimento de onda, período, frequência e energia**

Segundo a teoria clássica, a distância entre dois pontos correspondentes do campo elétrico e na mesma correspondência do campo magnético de uma onda eletromagnética é chamada de comprimento de onda, que é representado pela letra grega lambda ( $\lambda$ ).

$$\lambda = c.T \quad (2.2)$$

O período (T) é o intervalo de tempo necessário para a onda percorrer um ciclo completo equivalente ao seu comprimento da onda e tem como unidade pelo S.I. o segundo (s) e pode ser dado como o inverso da frequência. Portanto, frequência (f) é o número de ciclos realizados por uma onda no intervalo de tempo de um segundo e pode ser dado pelo inverso do período.

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.3)$$

Substituindo 2.2 em 2.3, obtemos a equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda \cdot f \quad (2.4)$$

As unidades de comprimento de onda usadas para as ondas eletromagnéticas com valores de  $\lambda$ , na ordem de grandeza pequena, são o angstrom (Å) e o micron ( $\mu$ ), onde:  $1\mu = 10^{-6}$  m e  $1 \text{ \AA} = 10^{-9}$  m (TIPLER; MOSCA, 2009).

Definição da unidade de Energia elétron-volt (eV) é a quantidade de energia cinética de um elétron, no vácuo, acelerado por uma diferença de potencial (elétrico) de 1V (Volt) (TIPLER; MOSCA, 2009).

O conceito de energia aqui está embasado na teoria quântica. Ao ocorrer a transição de um elétron entre dois estados diferentes de energia, ou seja, o elétron, ao passar de uma camada mais interna para uma mais externa, recebe energia quantizada. E, o elétron ao retornar para o estado inicial, emite quantidade de energia correspondente a essa diferença. Essa energia emitida ou recebida em pacotes é conhecida como fótons, que é transportada sob forma de onda eletromagnética quantizada; portanto um fóton pode ser compreendido como a menor unidade inteira de energia acumulada de uma onda eletromagnética. Essa mudança de energia é diretamente proporcional à frequência do fóton emitido ou absorvido. Essa unidade de energia é diretamente proporcional a frequência, mostrada pela famosa equação de Planck:

$$E = hf = h \frac{c}{\lambda} \quad (2.5)$$

Onde  $E$  é a energia do fóton, e  $h$  e  $f$  representam, respectivamente, a constante de Planck e a frequência da onda eletromagnética.

$$h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

ou

$$h = 4,14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \quad (1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J})$$

O SI não contempla a unidade elétron-volt, portanto a utilização dessa unidade colabora na compreensão, pois a representação de valores de energia do fóton em joule é numericamente muito baixa.

A equação 2.5 representa a energia de apenas um fóton, que é a menor quantidade inteira de energia de uma onda eletromagnética. Nessa frequência, a emissão de um fóton ocorre durante a transição de um elétron de um átomo entre dois estados energéticos diferentes, visto que o elétron passa de uma camada mais interna para uma mais externa do átomo quando recebe energia, e, quando ele retorna para seu estado original, emite a energia correspondente a essa diferença, sob a forma de um fóton (TIPLER; MOSCA, 2009). A **figura 2.4** mostra uma ilustração da emissão do fóton de luz em função da transição do elétron.



**Figura 2.4.** Representação de um fóton de luz.

Fonte: <[https://aminoapps.com/c/tudo-sobre-ciencia/page/blog/os-fotons/xp16\\_EdeS2u658kYw6mgemR5NVEIk1ak4BX](https://aminoapps.com/c/tudo-sobre-ciencia/page/blog/os-fotons/xp16_EdeS2u658kYw6mgemR5NVEIk1ak4BX)>. Acesso em: 16 set. 2019.

## 2.5 O espectro eletromagnético

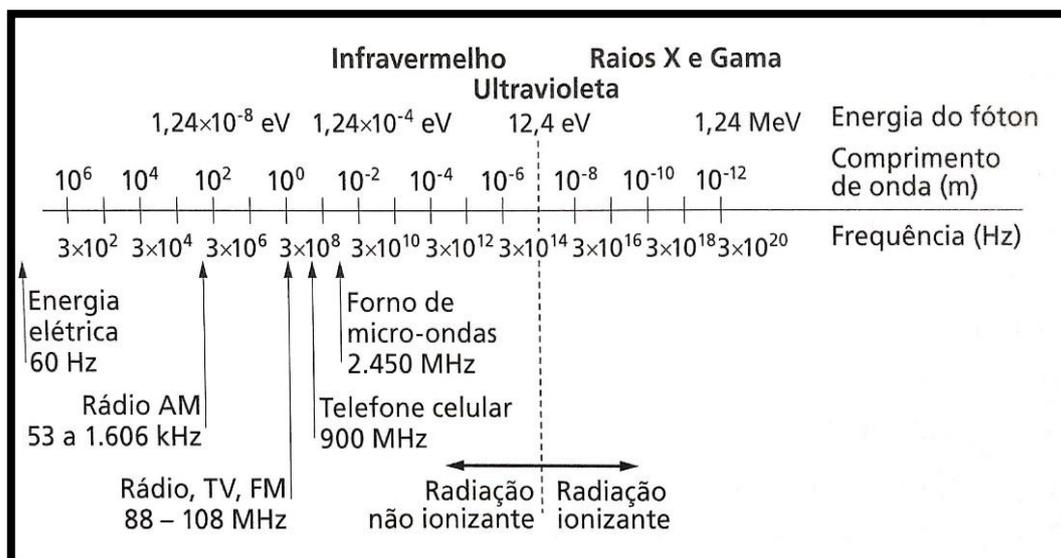
As radiações eletromagnéticas são geradas por diferentes tipos de fontes e, apesar de terem propriedades básicas em comum, vibram em diferentes frequências e apresentam diferentes comprimentos de onda. Essas diferenças são tão largas que os impactos causados por essas radiações sobre a natureza são essencialmente diferentes. À classificação por banda de frequência e por comprimento de onda da radiação eletromagnética, é dado o nome de Espectro Eletromagnético. Todas as ondas eletromagnéticas que constituem esse

espectro de radiação propagam-se no vácuo com a velocidade da luz ( $c = 3,0 \times 10^8$  m/s) (HALLIDAY; RESNICK, 2012).

A primeira radiação que se distinguia do visível a ser descoberta foi a infravermelha, em 1880. Em seguida, foi a radiação ultravioleta, em 1881; as ondas de rádio, em 1888. Na sequência, apareceram a radiação X, no ano de 1895; a radiação gama, em 1900, e, mais recentemente, as micro-ondas, em 1932 (OKUNO; VILELA, 2005).

Dentro do contexto da radiobiologia em que se define a aplicação da radiação eletromagnética, os raios gama e X são considerados ionizantes, enquanto a RUV, compreendida na faixa espectral de 100 a 400 nm, é definida como não-ionizante (OKUNO; VILELA, 2005).

A **figura 2.5** é um exemplo de representação desse espectro em função dos comprimentos de onda e das frequências das diversas radiações que os compõem.



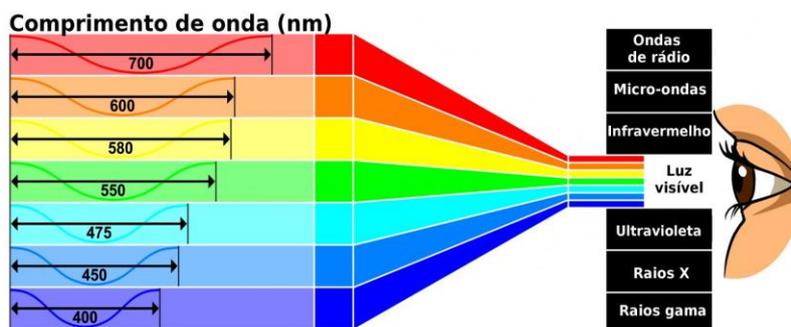
**Figura 2.5.** Espectro Eletromagnético.  
Fonte: Okuno e Yoshimura (2010).

Com base na **figura 2.5**, iniciando da direita para a esquerda, em sequência, com as radiações de maior frequência com exceção para a faixa de radiação do visível, temos:

- ✓ **Raios gama:** Possuem alta energia e são gerados quase sempre por elementos radioativos através das reações no núcleo do átomo. Em medicina, são utilizados no tratamento contra células doentes em dosagens extremamente pequenas e controladas (STEFANOVITS, 2013).
- ✓ **Raios X:** Na medicina essa radiação tem ampla aplicação, por exemplo em diagnósticos de fraturas, tumores e outros, através de radiografias e tomografias, e pode também ser usada como forma de tratamento (STEFANOVITS, 2013).
- ✓ **Raios ou radiação ultravioleta (RUV):** Também chamada de luz negra, sua principal fonte geradora é o Sol (STEFANOVITS, 2013).
- ✓ **Radiação infravermelha:** Possui frequência menor que a última da faixa do visível; por esse motivo, não pode ser percebida pelo olho humano. Muito utilizada em equipamentos de visão noturna, controles remotos, sensores de segurança e outros. Gerada pelas vibrações moleculares com oscilações em cargas elétricas que constituem o átomo, por isso são também chamadas de ondas de calor (STEFANOVITS, 2013).
- ✓ **Micro-ondas:** As micro-ondas têm maior frequência que as ondas de rádio, portanto conseguem transportar uma maior quantidade de informações no mesmo intervalo de tempo. Por esse motivo, são usadas na transmissão entre satélites e a Terra. Algumas aplicações das micro-ondas são os radares utilizados na localização de aeronaves, navios, mapeamento terrestre e marítimo. Nos fornos de micro-ondas com frequência em média de 2,45 GHz, as micro-ondas transferem energia para as moléculas de água dos alimentos, provocando uma agitação molecular e, conseqüentemente, o aquecimento (STEFANOVITS, 2013).
- ✓ **Ondas de rádio:** São mais comumente utilizadas em transmissões radiofônicas e telecomunicações, mas também em satélites meteorológicos e controles remotos. As principais fontes geradoras desse conjunto de onda são as emisoras de rádio, a TV e o sol (STEFANOVITS, 2013).

Vale ressaltar que a Radiação visível é a única faixa de luz que os seres humanos podem enxergar. Ela é composta por apenas uma estreita faixa do

espectro, que fica localizada entre o infravermelho e o ultravioleta (STEFANOVITS, 2013). A **figura 2.6** exemplifica a faixa de comprimento de onda que o olho humano é capaz de perceber.



**Figura 2.6.** Região da luz visível.

Fonte: <<https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>>. Acesso em 18 ago. 2019.

A **figura 2.7** ilustra uma relação com as principais faixas do espectro eletromagnético e as respectivas frequências, os comprimentos de onda e a energia do fóton. Não há uma rigorosidade nas linhas de separação das faixas, podendo haver sobreposição de limites das faixas (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

Radiação eletromagnética	Frequência	Comprimento de onda	Energia do fóton (eV)
raios X e gama	> 3 PHz	< 100 nm	> 12
Ultravioleta UVC	3 PHz – 1,07 PHz	100 nm – 280 nm	12,42 – 4,42
UVB	1,07 PHz – 0,952 PHz	280 nm – 315 nm	4,42 – 3,94
UVA	0,952 PHz – 0,75 PHz	315 nm – 400 nm	3,94 – 3,10
luz visível	0,75 PHz – 0,428 PHz	400 nm – 700 nm	3,10 – 1,77
Infravermelha IVA	385 THz – 214 THz	780 nm – 1,4 μm	1,59 – 0,88
IVB	214 THz – 100 THz	1,4 μm – 3,0 μm	0,88 – 0,414
IVC	100 THz – 300 GHz	3,0 μm – 1,0 mm	0,414 – 1,24×10 <sup>-3</sup>
radiofrequência	300 GHz – 10 kHz	1 mm – 30 km	muito pequena
micro-onda	300 GHz – 300 MHz	1 mm – 1 m	
frequência extremamente baixa	300 Hz – 0 Hz	10 <sup>6</sup> m – → ∞	extremamente pequena

**Figura 2.7.** Valores de frequência, comprimento de onda e energia do Espectro Eletromagnético.

Fonte: Okuno e Yoshimura (2010).

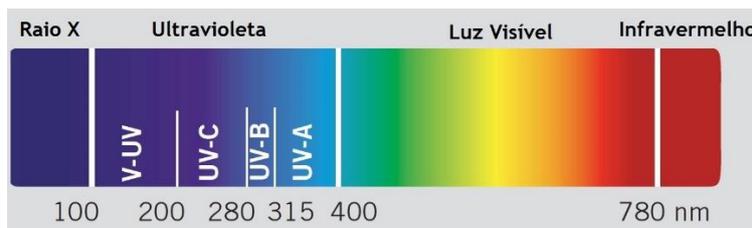
## 2.6 A Radiação Ultravioleta

### *Um pouco da história da RUV*

Em 1801, o alemão Johann Ritter realizou um experimento incidindo a luz solar sobre um prisma, formando o espectro da luz visível, e sobre o espectro colocou cloreto de prata e verificou a ocorrência de um escurecimento na substância causado por uma luz “invisível” logo acima da região do violeta, onde houve uma maior reação do cloreto de prata. Ritter verificou, portanto, a existência de uma luz não visível além do limite da região do violeta do espectro visível. Inicialmente, essa “nova” luz foi chamada de raios desoxidantes ou raios químicos como forma de diferenciar dos raios infravermelhos. Somente depois o médico dinamarquês Niels R. Finsen (1860-1904) empregou o termo radiação ultravioleta na fototerapia (GONÇALVES, 2016).

### *Aplicações da RUV*

A radiação ultravioleta tem diversas aplicações, como na eliminação bactérias em ambientes como salas cirúrgicas, ambientes para armazenamento de produtos esterilizados e outros. Entra na fabricação de lâmpadas conhecidas como luz negra, é muito utilizada em experimentos físicos e, também, em efeitos visuais em boates e shows, causando a sensação de mudança de cores em roupas e objetos. Esse efeito é causado por lâmpadas fluorescentes sem a composição do fósforo (material usado para impedir que a radiação ultravioleta produzida pelas lâmpadas fluorescentes seja transmitida e convertida em luz branca). Outras aplicações da radiação ultravioleta produzida por lâmpadas são, a verificação de notas de dinheiro falsas e de escorpiões no escuro. (STEFANOVITS, 2013). A **figura 2.8** apresenta de modo ilustrativo parte do espectro da emissão da radiação ultravioleta.

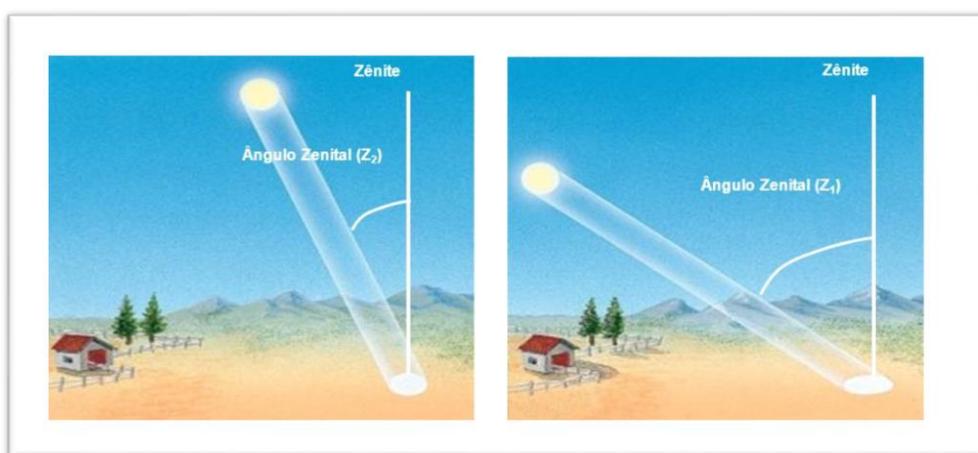


**Figura 2.8.** Espectro parcial da RUV.

Fonte: <<https://www.lit-uv.com/es/technology/>>. Acesso em: 19 ago. 2019.

### 2.6.1 Fatores atenuantes da radiação ultravioleta

Existem fatores, como os geográficos, meteorológicos e astronômicos, além das condições atmosféricas, que influenciam na variabilidade da intensidade da radiação ultravioleta sobre a Terra. O ângulo zenital é responsável pela posição relativa do Sol em relação ao plano elíptico terrestre, fazendo com que a quantidade de radiação ultravioleta que incide sobre a Terra varie em função da latitude e da estação do ano. Ou seja, o fluxo da radiação ultravioleta (irradiância) é inversamente proporcional à distância da Linha do Equador (KIRCHOFF, 2000). Quanto menor o ângulo zenital do sol, maior será a intensidade da radiação ultravioleta. A **figura 2.9** ilustra a variação da irradiância ou intensidade da radiação solar em função do ângulo zenital, ou seja, o ângulo formado entre o Zênite local e a direção de incidência dos raios solares. Portanto, quanto maior o ângulo zenital, menor a irradiância solar.



**Figura 2.9.** Ângulo Zenital.

Fonte: <[https://www.researchgate.net/figure/Ilustracao-da-zenite-e-do-angulo-zenital\\_fig2\\_312843959](https://www.researchgate.net/figure/Ilustracao-da-zenite-e-do-angulo-zenital_fig2_312843959)>. Acesso em: 21 ago. 2019.

Superfícies com areia e neve podem refletir a RUV entre 30% e 80%, sendo que essa reflexão aumenta os efeitos da RUV sobre as pessoas, a exemplo da praia, quando ocorre um maior bronzeamento e vermelhidão da pele (SILVA, 2007). Em outras superfícies como áreas urbanas e de vegetação, ou mesmo em áreas parcialmente cobertas, também ocorre a reflexão da RUV, porém em taxas bem menores, as quais variam entre 3% e 5% (SILVA, 2007).

### ***2.6.2 Efeitos das radiações ultravioleta sobre a pele***

O corpo humano absorve radiação eletromagnética de todo o espectro diferentemente, e as células do corpo reagem de formas diferentes. Na radiação eletromagnética incidente em humanos, parte da sua intensidade (quantidade de energia de uma onda propagada por unidade de área e tempo, dada em  $w/m^2$ ) pode ser refletida na interface ar-pele e parte é transmitida pelo corpo (OKUNO; YOSHIMURA, 2010). Ainda segundo Okuno e Yoshimura (2010), os coeficientes de reflexão e transmissão que indicam os percentuais de intensidade refletida e transmitida, respectivamente, estão em função da frequência da onda eletromagnética e do meio que absorve a onda.

Os efeitos das radiações UV sobre a pele estão atrelados a alguns fatores, tais como comprimentos de onda dessas radiações, características intrínsecas à pele, tempo de exposição ao sol, horário da exposição, clima da região, estação do ano e altitude (FLOR; DAVOLO; CORREA, 2007).

A radiação ultravioleta atinge e interage com o DNA portador das informações genéticas da célula, chegando ao material genético e comprometendo a capacidade de imunidade da pele (RANGARAJAN; ZATS, 2003).

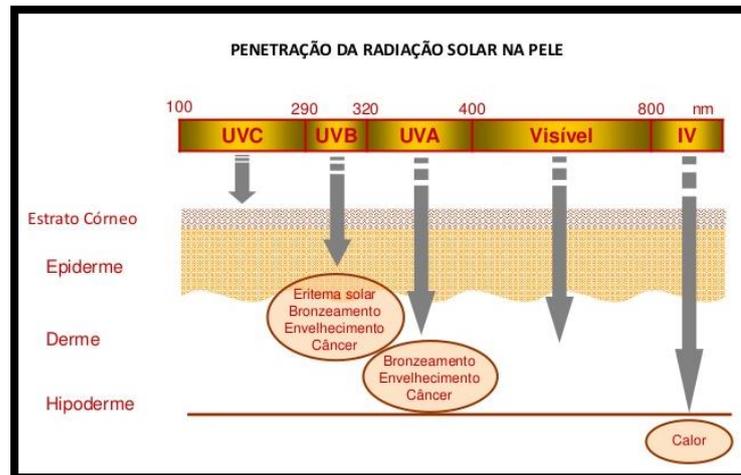
A atividade da radiação UVA sobre a pele humana é cerca de 800 a 1000 vezes menor que a UVB, porém predomina com cerca de 95% da radiação UV incidente sobre a Terra, tal que a UVB participa com apenas 5%. No entanto, a radiação UVB é mais energética e sua intensidade durante todo o dia é praticamente constante. Esse balanço deixa as duas radiações (UVA e UVB) em equilíbrio quanto ao nível de atividade sobre a saúde do homem (FLOR; DAVOLO; CORREA, 2007).

Não é correto afirmar que quanto maior o nível energético de uma onda eletromagnética de uma radiação, maior será seu poder de penetração, isso é um conceito intuitivo não válido, vai depender da interação com as características do meio (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

Com maior comprimento de onda e menor nível energético, a UVA é capaz de penetrar nas camadas mais profundas da pele, causando bronzeamento e escurecimento da pele e, de modo negativo, produzindo eritemas e comprometimento dos vasos da derme e das células colágenas, causando envelhecimento precoce da pele (FLOR; DAVOLO; CORREA, 2007; COSTA; LACAZ, 2001).

Os raios UVB atuam com maior incidência no intervalo de horário entre 10 horas e 16 horas. Com menor comprimento de onda e sendo mais energética, a radiação UVB tem menor capacidade de penetração na pele do que a UVA, atingindo a epiderme e sendo intensamente absorvida. As ações das radiações UV sobre a pele trazem consequências que podem ser positivas ou negativas. Uma reação positiva é o estímulo para sintetização da vitamina D. Entre as reações negativas estão a formação de eritemas e edemas na pele devido à exposição excessiva ao sol e a redução imunológica (SILVA et al., 2015). Vale destacar que essa radiação é importante para saúde do homem por agir na absorção de cálcio e fósforo pelo organismo, o que é essencial na formação do sistema ósseo (BATISTUZZO; ITAYA; ETO, 2006).

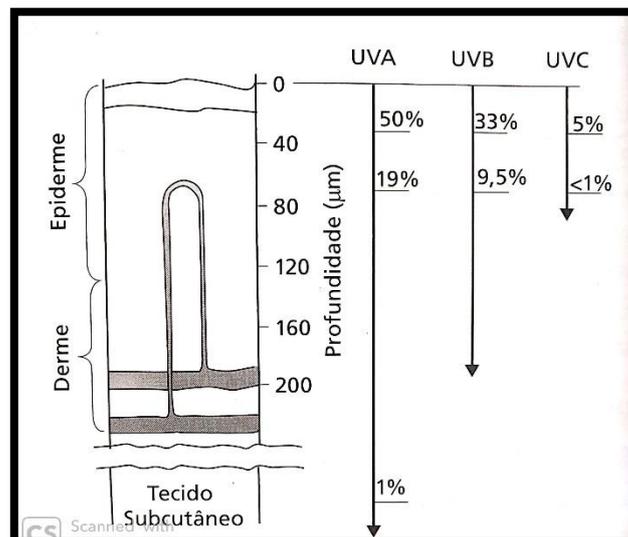
A radiação UVC, com menor comprimento de onda e maior energia que as radiações UVA e UVB, representa maiores riscos para a saúde dos animais e das pessoas, uma vez que possui efeitos carcinogênicos e mutagênicos. É normalmente bloqueada pela camada de ozônio, barreira natural que circunda o Planeta Terra, que deixa passar apenas uma pequena parcela dessa radiação, de tal modo que não gera riscos para a população. Através de fontes artificiais, a radiação UVC é aplicada na esterilização de materiais cirúrgicos e em processos de tratamento de água, graças à sua propriedade bactericida (ARAÚJO; SOUZA, 2008). A **figura 2.10** ilustra os níveis de penetração das RUV na pele humana, que são bem menores que os níveis de penetração das radiações visível e infravermelho.



**Figura 2.10.** Capacidade de penetração da RUV sobre a pele.

Fonte: <<https://image.slidesharecdn.com/fotoproteo-151008124845-lva1-app6892/95/fotoproteo-8-638.jpg?cb=1444308631>>. Acesso em: 16 set. 2019.

A **figura 2.11** ilustra os níveis em percentuais de penetração nas camadas da pele das RUV.

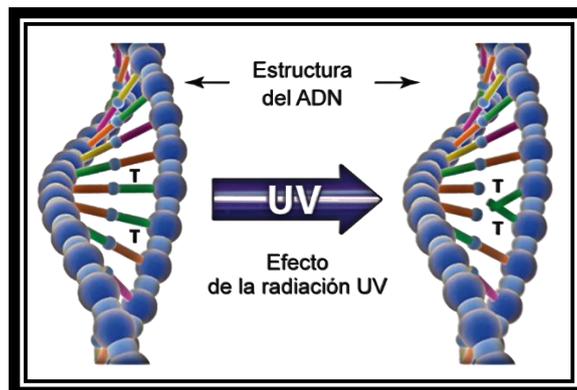


**Figura 2.11.** Porcentagem de RUV na pele.

Fonte: Okuno e Yoshimura (2010).

A radiação ultravioleta é classificada como não ionizante, ou seja, não possui energia suficiente para arrancar elétrons das camadas eletrônicas dos átomos, entretanto dispõe de energia suficiente para quebrar moléculas e ligações químicas. Essa ação ao longo do tempo pode gerar efeitos semelhantes aos da radiação ionizante, quando ocorre interação com o DNA (ácido desoxirribonucleico), provocando a quebra de cadeias moleculares (JESUS;

SILVEIRA; LUNAS, 2018). A **figura 2.12** ilustra a ação danosa da RUV sobre o DNA.



**Figura 2.12.** Quebra de parte da estrutura do DNA pela RUV.

Fonte: <<https://www.lit-uv.com/es/technology/>>. Acesso em: 22 set. 2019.

A incidência do câncer mantém-se crescente em todo o mundo, o que remete essa doença à categoria de importante problema de saúde pública pela sua interferência na saúde das pessoas (WHO, 2002).

Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2018), no Brasil, o câncer de pele é o tipo mais comum de casos entre as pessoas. Um fator importante para traçar as diretrizes no combate a esse tipo de câncer de pele é o conhecimento adquirido pelos profissionais da área da saúde e da educação sobre as causas que podem afetar uma mudança de cultura da população quanto aos efeitos causados pela exposição excessiva à RUV (NASCIMENTO et al., 2018).

Esse conhecimento é fundamental, visto que a pele está em constante exposição ao sol, seja durante atividades recreativas ou ocupacionais. A exposição solar excessiva é considerada como um dos fatores responsáveis pelo surgimento do câncer de pele, podendo ser agravada em função do tipo de pele de cada indivíduo e pela hereditariedade familiar, entre outros fatores; ter pele clara, sardas e olhos claros, por exemplo, pode ser considerado fator agravante (AUTIER et al., 2001; INCA, 2018).

### **2.6.3 Interação da radiação ultravioleta sobre o protetor solar**

Um material é considerado transparente quando transmite e não absorve a luz visível, a exemplo do vidro, sendo também muito transparente às ondas de rádio, mas parcialmente opaco às RUV. Uma lâmina de vidro comum transparente e incolor de um centímetro de espessura transmite apenas 50% da RUV com intensidade máxima no comprimento de onda de 316 nm (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

Com base nos conhecimentos das ações e dos efeitos negativos da radiação UV sobre a pele humana decorrentes da exposição excessiva, surgiu a necessidade da criação dos fotoprotetores para a pele, com o objetivo de barrar os efeitos da radiação UV. Os primeiros fotoprotetores desenvolvidos protegiam apenas contra a radiação UVB, deixando passar a radiação UVA (SILVA et al., 2015).

De acordo com Araújo e Souza (2008), os fotoprotetores são classificados segundo sua forma de bloqueio contra a radiação ultravioleta.

Diferentes componentes presentes nas composições dos fotoprotetores absorvem e refletem parte da RUV incidente. A absorção ocorre como barreira química ou orgânica, absorvendo parte da RUV, e a transforma em radiação infravermelha, a qual é bem menos agressiva à saúde se comparada com a RUV, enquanto outra parte é refletida. Os compostos que agem como uma barreira física ou inorgânica refletem a RUV (JESUS; SILVEIRA; LUNAS, 2018). Os fotoprotetores inorgânicos têm sua faixa de absorção e reflexão caracterizadas pelo tamanho das partículas e pela forma como ocorre sua dispersão no composto do fotoprotetor (FLOR; DAVOLO; CORREA, 2007).

As substâncias inorgânicas empregadas como fotoprotetores são o óxido de zinco (ZnO) e o dióxido de titânio (TiO<sub>2</sub>). Esses óxidos apresentam boa atuação contra os raios UV, além de possuírem baixo potencial de irritação da pele. Por conta do tamanho das partículas sólidas do ZnO e do TiO<sub>2</sub>, a aplicação da substância contendo essas partículas deixa uma película branca sobre a pele, o que é esteticamente indesejável para o usuário. Quanto aos fotoprotetores orgânicos, estes são classificados em filtros UVA e UVB, de acordo com a região de proteção UV desses compostos. Essa limitação ocorre porque esses

compostos não apresentam um amplo espectro de proteção, a exemplo das benzofenonas e avobenzonas, que protegem somente em UVA, e os salicilatos e cinamatos, que agem exclusivamente contra os raios UVB (NASCIMENTO, SANTOS; AGUIAR, 2014).

## 2.7 A espectroscopia e o espectrofotômetro

A espectroscopia é definida como um conjunto de métodos para análise de substâncias que se baseia na produção e interpretação de seus espectros de emissão ou absorção de luz, sob a forma de ondas eletromagnéticas com a matéria. Métodos espectroscópicos são utilizados em diversas áreas, como química, física, biologia, materiais, engenharias, medicina e nas indústrias (BALL, 2001). Substâncias com elementos diferentes absorvem e refletem a luz de formas diferentes por estarem relacionadas com a absorção, a emissão ou a dispersão da radiação eletromagnética por átomos ou moléculas constituintes. É possível realizar, numa determinada amostra, uma análise quantitativa e qualitativa, identificando e determinando a concentração das substâncias que compõem a amostra conforme a interação delas com a luz (HOLLAS, 2002).

Os equipamentos eletrônicos específicos que registram a intensidade da radiação em cada comprimento de onda em função da interação da energia com a matéria são conhecidos como espectrômetros ou espectrofotômetros. A espectroscopia se denomina conforme a região da frequência em que operam suas fontes de luz. Por exemplo, se uma fonte ultravioleta é usada, a técnica é denominada de espectroscopia ultravioleta. Caso a radiação seja infravermelha, é conhecida por espectroscopia no infravermelho, bem como na região do visível, e assim por diante. Desde seu início, na segunda metade do século XIX, a técnica evoluiu e se tornou uma das mais utilizadas em todo o mundo (HOLLAS, 2002). São diversas as aplicações para o espectrofotômetro, a exemplo de mensurar elementos adicionados a uma droga e medir o crescimento bacteriano de uma amostra. A **figura 2.13** mostra um modelo de espectrofotômetro.



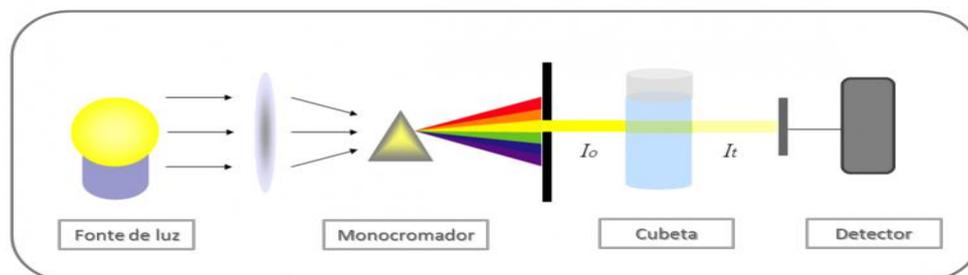
**Figura 2.13.** Espectrofotômetro.

Fonte: <<https://www.analyser.com.br/espectrofotometro-digital>>. Acesso em: 10 ago. 2019.

- **Funcionamento básico de um espectrofotômetro:**

1. Uma amostra é colocada dentro do espectrofotômetro.
2. Há uma fonte de luz e um dispositivo chamado monocromador, o qual divide a luz em cores, ou melhor, em comprimentos de onda individuais.
3. Uma fenda ajustável permite apenas um comprimento de onda específico através da solução da amostra.
4. O comprimento de onda da luz atinge a amostra, que está em um pequeno recipiente chamado de cubeta ou porta-amostra.
5. A luz passa através da amostra e é lida pelo detector.

A **figura 2.14** apresenta um esquema óptico dos principais elementos de um espectrofotômetro.



**Figura 2.14.** Esquema óptico dos principais elementos de um espectrofotômetro.

Fonte: <<https://kasvi.com.br/espectrofotometria-principios-aplicacoes/>>. Acesso em: 23 set. 2019.

Basicamente, um espectrofotômetro é constituído por uma fonte de luz com comprimentos de onda conhecidos e um elemento sensor, o qual pode ser

um fotodiodo, um fototransistor ou mesmo um fotorresistor (resistor sensível à luminosidade).

A resistência elétrica do resistor sensível à luminosidade (LDR) é inversamente proporcional ao nível de incidência luminosa a que ele é exposto, podendo chegar a milhões de ohms quando a incidência da luz é mínima ou apresentar valores da ordem de dezenas de ohms para intensidade luminosa alta. O resistor a ser utilizado na construção do espectrofotômetro é composto de um material semiconductor, geralmente o sulfeto de cádmio (CdS) (SUNROM, 2008). A **figura 2.15** mostra um LDR utilizado no protótipo construído durante a sequência didática.



**Figura 2.15.** Resistor sensível à luminosidade (LDR).

Fonte: <<https://potentiallabs.com/cart/ltr-big>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

O LED (Diodo Emissor de Luz) apresenta diversas vantagens frente a outras fontes de luz, como baixa tensão e corrente de operação (o que garante uma maior segurança aos usuários), dimensões reduzidas, não gera energia térmica, tem baixo custo, entre outras. O apêndice 7 mostra um detalhamento sobre

## Capítulo 3

### Metodologia

#### 3.1 Escola de Aplicação do Produto e Perfil dos Alunos.

O produto educacional foi aplicado em duas turmas de terceiro ano do Ensino Médio do turno noturno, com um total de 36 alunos, do Colégio Estadual Professor Hamilton Alves Rocha, localizado no Conjunto Eduardo Gomes, na cidade de São Cristóvão–SE. A **figura 3.1** mostra a fachada da mencionada instituição de ensino.



**Figura 3.1.** Entrada do Colégio Estadual Hamilton Alves Rocha.  
Fonte: Autoria própria.

No ano letivo da aplicação do produto, 2018, a escola contava com quatro turmas do terceiro ano do Ensino Médio, sendo uma no turno vespertino, uma no turno matutino e duas no turno noturno. As aulas de Física das turmas dos turnos diurnos eram ministradas por outro professor, e, por questões de disponibilidade de horário, a aplicação do produto foi prevista somente para o turno noturno. Por motivos de mudança de estrutura didática na escola, foi necessário unificar as duas turmas do turno noturno, a fim de viabilizar os trabalhos de execução do produto.

Buscamos criar uma relação estreita entre a imparcialidade a que o produto se propõe e a realidade de turmas de terceiro do Ensino Médio noturno de uma escola pública, em que mais de 90% dos alunos desse turno são

trabalhadores, empregados ou autônomos, em diversas áreas de trabalho, como: empregadas domésticas, atendentes de clínicas, ajudante de pedreiro e eletricitista, balconistas, feirantes, entregador de água e outros serviços de entrega, coveiro, menor aprendiz, carroceiro, funcionário de escola particular, dona de casa, mecânico, motorista e outras profissões.

Vale salientar que, apesar desse olhar especial para o ensino público noturno, o produto foi cuidadosamente construído para ser amplo e aplicável em turmas de terceiro ano de escolas de diferentes redes educacionais.

### **3.2 O Produto**

O Produto Educacional (Apêndice 15) deste trabalho está pautado em uma Sequência Didática para a aprendizagem do Espectro de Emissão da Radiação de Ondas Eletromagnéticas, em especial as radiações ultravioletas e a interação dessas com alguns materiais e interferência na saúde do ser humano. Esse produto é direcionado a alunos do terceiro ano do Ensino Médio, considerando-se o conteúdo programático previsto para essa série e seus pré-requisitos.

A SD está composta por um conjunto de atividades, resumidamente a saber: Apresentação de slides e vídeo, explanação de conteúdo teórico, aplicação de Questionários, montagem de espectrofotômetros e medições de transmitância da RUV em fotoprotetores.

Para a aplicação deste produto, foram levantados recursos teóricos que alavancassem a proposta e que, ao mesmo tempo, possibilitassem um encontro entre a realidade da dimensão social das escolas, em especial as públicas do turno noturno, e o produto proposto.

### **3.3 Procedimentos com a Sequência Didática**

Apresentação de um relato em detalhes da aplicação do Produto.

A SD proposta é formada por cinco encontros, cada qual composto por duas aulas geminadas de 35 minutos cada, no total de 10 aulas para a aplicação da sequência didática. Cada encontro está dividido entre um a três momentos,

que variam de acordo com o tipo de atividades programadas. Na Tabela 3.1 é apresentado um resumo da estrutura da sequência didática.

**Tabela 3.1.** Descrição da sequência didática.

Fonte: Autoria própria.

Encontro/ Momento	Atividade	Objetivo	Duração prevista
1/1	Imagens e Vídeo sobre radiações UVA e UVB e debate sobre o vídeo.	Relacionar conhecimentos do cotidiano do aluno sobre a RUV aos conceitos físicos elementares.	20 min.
1/2	A radiação solar.	Conhecer características da radiação solar sobre a terra.	15 min.
1/3	Aplicação do questionário 1 e debate sobre as questões.	Relacionar os conhecimentos prévios aos conceitos apresentados.	35 min.
2/1	Revisão sobre ondas e espectro eletromagnético.	Apresentar características das diferentes bandas de emissão da radiação eletromagnética.	45 min.
2/2	Aplicação do questionário 2 e debate.	Verificar e aprimorar o conhecimento sobre o espectro eletromagnético.	25 min.
3/1	Conceitos sobre Energia.	Apresentar o conceito sobre energia.	30 min.
3/2	Como os fotoprotetores atuam?	Conhecer a interação entre fotoprotetor e RUV.	20 min.
3/3	Aplicação do questionário 3 e debate.	Verificar e aprimorar o conhecimento sobre o espectro eletromagnético.	20 min.
4/1	O espectrofotômetro e seus componentes.	Conhecer elementos e aplicações do espectrofotômetro.	20 min.
4/2	Montagem do protótipo do espectrofotômetro.	Conhecer a elaboração e o funcionamento do espectrofotômetro.	50 min.
5/1	Medições com fotoprotetores e discussões finais.	Realizar medições para verificar a interação da RUV com o fotoprotetor.	70 min.

A seguir, apresentaremos um detalhamento da sequência didática aplicada com a descrição de cada encontro e dos respectivos momentos.

### **3.3.1 ENCONTRO 1 – A radiação ultravioleta no cotidiano**

Esse primeiro encontro teve dois objetivos específicos baseados nas propostas da CTS, o primeiro foi provocar nos alunos uma exposição de ideias e conhecimentos trazidos do cotidiano através dos meios de comunicação e de conhecimentos adquiridos na escola. O segundo foi motivá-los para participar de debates entre eles, por meio da apresentação de dúvidas e opiniões, de forma a aprimorar, assim, seus conhecimentos.

➤ **Primeiro Momento – Apresentação de imagens, exibição do vídeo e debate com os alunos**

O momento foi iniciado com uma apresentação, de um conjunto de imagens ilustrativas com aproximadamente 12 telas relativas ao hábito e modismo da cultura do bronzeamento natural e artificial, retratando a radiação solar e alguns dos seus efeitos sobre a pele humana, fazendo uso, também, de imagens com mensagens de alerta sobre os riscos da exposição à RUV para a saúde.

A seguir, algumas das imagens (**figuras 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5**) apresentadas:



**Figura 3.2.** Cultura do bronzeamento.

Fonte: <https://br.depositphotos.com/152116726/stock-illustration-girl-character-cartoon-vector-flat.html>. Acesso em: 11 abr. 2018.

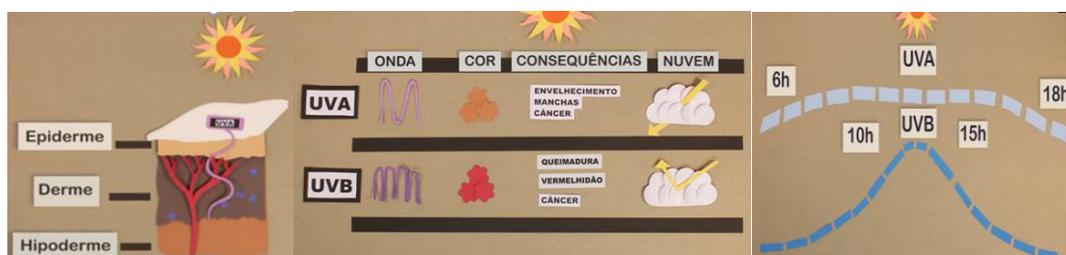


**Figuras 3.3, 3.4 e 3.5.** Consequências da radiação ultravioleta.

Fontes: Figura 3.3: <<https://www.salutecobio.com/vesciche-bolle-da-scottatura-solare>>;  
 Figura 3.4: <<http://www.ops.com.br/noticia/4063/fuja-da-descamacao-da-pele-apos-exposicao-ao-sol>>;  
 Figura 3.5: <<http://www.marcoantoniodeoliveira.com.br/especialidades/cancer-de-pele/sol-e-sua-pele/>>. Acesso em: 12 abr. 2018

Depois de algumas discussões sobre as imagens mostradas, foi apresentado o vídeo “A importância do filtro solar”, que se trata de um vídeo de 4 minutos criado para divulgar informações básicas sobre os efeitos da RUV para navegantes das mídias sociais. O vídeo não apresenta, fundamentalmente,

informações embasadas nos conceitos físicos, mas proporciona uma clara noção sobre algumas características físicas das ondas eletromagnéticas e da RUV. A **figura 3.6** a seguir, mostra um conjunto de imagens feitas a partir de capturas no vídeo apresentado.



**Figura 3.6.** Penetração e características da UV.

Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=QY57UcEZAB4&t=39s>>. Acesso em: 12 abr. 2018

Esse vídeo faz uma abordagem relacionando Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), estimulando o aluno a relacionar os conhecimentos adquiridos na disciplina de Física com conhecimentos já existentes nos alunos, oriundos do cotidiano.

Pontos relevantes abordados com a apresentação do vídeo:

- Principais características e diferenças entre as radiações UVA e UVB;
- Interações dessas radiações sobre a pele humana;
- Diferentes camadas da pele atingida pela RUV;
- Benefícios e malefícios da radiação solar sobre a pele;
- Quais radiações provocam os diferentes efeitos na pele como ardência e bronzeamento;
- A importância do uso do protetor solar e de acessórios que diminuem os efeitos das radiações solares (RUV);
- Orientação quanto à escolha do Fator de Proteção Solar (FPS), a partir de informações constantes nos rótulos das embalagens dos protetores solares (fotoprotetores);
- Horários diários de maior e menor incidência das radiações.

Por solicitação de alguns alunos, foi necessário repassar o vídeo para que pudessem observar melhor algumas informações. Para atender a essa necessidade, foi utilizado o tempo restante disponível e dentro do previsto para esse momento. Em seguida, foi iniciado o debate sobre as informações apresentadas nas imagens e no vídeo, o que teve como objetivo gerar um vínculo com o alunado para despertar um maior interesse no decorrer de toda a sequência.

Solicitei aos alunos que comentassem ou fizessem perguntas sobre o tema abordado ou ainda sobre outros temas relacionados ao que foi apresentado no vídeo. Abaixo algumas perguntas e comentários que foram apresentados aos alunos no decorrer do debate:

- ✓ Quais os diferentes efeitos causados pelas radiações UVA e UVB, respectivamente?
- ✓ Por que usar o protetor solar?
- ✓ O fator de proteção solar (FPS) tem relação com a radiação UVA ou somente com a UVB?
- ✓ Já perceberam que na praia, mesmo na sombra, é possível ficar com a pele “avermelhada” e até pegar um bronze?
- ✓ Alguém já teve os braços bronzeados quando expostos ao sol, mesmo usando camisa de manga longa?
- ✓ Qual a diferença entre bronzeamento natural e artificial?

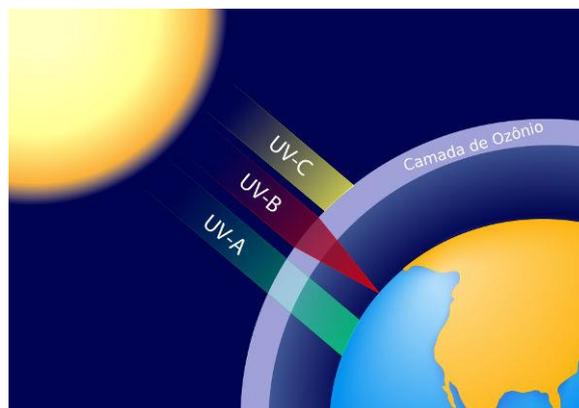
Essas perguntas foram elaboradas previamente para esse momento e apresentadas oralmente. As respostas não foram registradas por escrito, apenas debatidas entre os alunos. Durante a discussão, outras perguntas surgiram motivadas pelos comentários e pelas respostas dos alunos sobre as questões anteriores.

### ➤ **Segundo Momento – Abordagem sobre radiação solar**

O objetivo desse momento foi ampliar as informações sobre a radiação solar com a apresentação de dados mais específicos e promover ao aluno uma

melhor noção sobre a distinção acerca das diferentes características e dos efeitos entre as faixas do espectro de emissão da radiação solar.

Com a exibição de cinco slides, foram apresentadas informações sobre a radiação solar e seus efeitos sobre a superfície terrestre, os percentuais de incidência da RUV em relação às demais radiações, os percentuais entre a incidência de UVA e a UVB, o papel da camada de ozônio, a absorção e reflexão dessas radiações nas nuvens e em diversas superfícies terrestres, como areia, neve, geleiras, água, matas, cidades e outros. Foi ainda abordada uma noção sobre o ângulo Zenital e sua interferência na intensidade da radiação solar utilizando como exemplo de aplicação a eficiência das placas fotovoltaicas solares. Aproveitamos também o momento para falar sobre o bronzeamento artificial em câmaras com lâmpadas de radiação UVA e seus efeitos maléficos para a saúde. A **figura 3.7** ilustra a capacidade de absorção da RUV pela camada de ozônio.



**Figura 3.7.** Penetração da radiação na camada de ozônio.

Fonte: <<http://www.classcarsound.com.br/uploads/noticias/4/2085e54d00e732cca170006a6dfdac46.JPG>>. Acesso em: 20 set. 2019.

### ➤ Terceiro momento – Aplicação do Questionário 1 e debate

O questionário 1 (Apêndice 3) foi aplicado individualmente e teve basicamente dois objetivos, a saber: identificar os conhecimentos dos alunos sobre a seção anterior e a presença de conhecimentos já existentes provenientes do cotidiano deles, a exemplo das informações passadas pelos meios de comunicação e por outras vivências, e ainda os conhecimentos sobre

as informações apresentadas e discutidas nos três primeiros momentos do primeiro encontro. Dessa forma, pretendeu-se criar, através do questionário, uma relação entre o conhecimento já existente no aluno e as informações passadas e discutidas no momento anterior.

### **Alguns pontos tratados nas questões**

- Diferentes tipos de radiações emitidas pelo Sol e suas interferências na saúde do homem;
- Obstáculos para as radiações, em particular as ultravioletas;
- O significado de FPS (Fator de Proteção Solar) apresentado nos protetores solares, como é aplicado e seu efeito restrito à radiação UVB;
- Quais fatores naturais reduzem a incidência da radiação UVA e UVB sobre a Terra.

Durante a aplicação do questionário, foi permitido aos alunos tirarem dúvidas sobre as questões em voz alta. O tempo para a aplicação do questionário foi suficiente, apesar de as questões exigirem uma escrita mais contextualizada por parte dos alunos. Os últimos quinze minutos do momento (aula) foram usados para um debate sobre o questionário em que os alunos puderam comentar suas respostas e ampliar as informações, embora não fosse permitido alterar as respostas do questionário.

### **3.3.2 ENCONTRO 2 – Revisão sobre ondas eletromagnéticas e espectro eletromagnético**

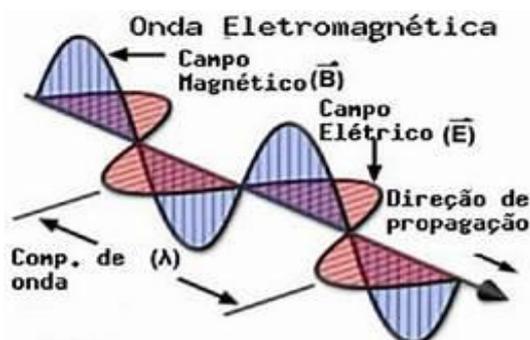
Esse encontro teve como objetivo fazer uma revisão dos conceitos sobre ondas eletromagnéticas e espectro de emissão das radiações eletromagnéticas, fundamentais para aplicação das próximas etapas dessa SD. Vale lembrar que esses conteúdos não foram abordados integralmente antes do início da aplicação do produto em função do curto tempo disponível para o final do ano letivo na escola.

➤ **Primeiro momento – Revisão sobre ondas eletromagnéticas e espectro eletromagnético**

Esse momento teve o objetivo de identificar características das diferentes bandas de emissão da radiação de ondas eletromagnéticas.

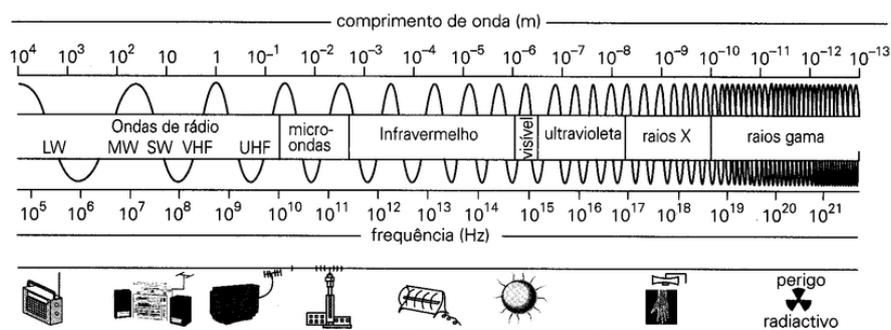
Na revisão, foram apresentadas telas com textos contendo imagens (Apêndice 1), aplicações e conceitos elementares, como frequência, reflexão e refração da luz, comprimento de onda, velocidade de propagação, identificação de características que diferem as diferentes faixas e relação de intensidade, amplitude, frequência e energia. Foi entregue aos alunos uma folha impressa como material de apoio (Apêndice 2) em que estavam contidas informações apresentadas em PowerPoint.

Considerando-se ainda o conhecimento básico dos alunos sobre ondas mecânicas, adquirido no segundo ano do Ensino Médio, foi realizada uma abordagem comparativa entre as duas naturezas das ondas, mecânicas e eletromagnéticas. A utilização das imagens teve como objetivo principal tornar a aula mais dinâmica, de forma a aproveitar melhor o curto tempo disponível para revisão. As **figuras 3.8** e **3.9** foram utilizadas para ilustrar os comentários, as perguntas e as exemplificações.



**Figura 3.8.** Elementos de uma onda eletromagnética.

Fonte: <file:///C:/Users/PC-SYSTEM/Downloads/Aula2\_cap24%20[Compatibility%20Mode].pdf>. Acesso em: 16 out. 2018.



**Figura 3.9.** Espectro eletromagnético.

Fonte: <[www.researchgate.net/figure/Figura-1-Espectro-eletromagnetico-Fonte-Ref-10\\_fig1\\_262651351](http://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Espectro-eletromagnetico-Fonte-Ref-10_fig1_262651351)>. Acesso em: 16 out. 2018.

Completando os objetivos dessa revisão, foi realizada uma abordagem sobre o espectro eletromagnético, em que foram apresentadas a classificação das radiações em função dos seus comprimentos de onda e as frequências e os conceitos necessários para o aprofundamento sobre as radiações UV.

➤ **Segundo momento – Aplicação do segundo questionário e debate**

O segundo questionário (ver Apêndice 4) da sequência didática, foi realizado em dupla. Esse questionário tinha questões mais objetivas, se comparado ao primeiro, por explorar informações mais voltadas aos conceitos físicos. Ondas eletromagnéticas é um tema em que comumente os alunos apresentam dificuldade de abstração, portanto a relação desse tema com o cotidiano dos alunos não aparece de modo expressivo por se tratar de fenômenos físicos “invisíveis” aos olhos, apesar de seus efeitos estarem intensamente presentes na vida de todos. Alguns pontos tratados nas questões foram os seguintes:

- Diferentes características entre ondas mecânicas e eletromagnéticas;
- Quais elementos definem a separação das faixas espectrais como comprimento de onda e frequência;
- Fatores relacionados aos diferentes níveis de energia das faixas espectrais;

- Características das diferentes radiações do espectro.

### **Debate sobre o questionário**

O questionário foi apresentado em slide e na sequência foi aberta uma discussão sobre as questões. As duplas fizeram comentários sobre suas próprias respostas e sobre as respostas das outras duplas. Os comentários e respostas foram orais e, portanto, não houve registro por escrito.

### **3.3.3 ENCONTRO 3 – Conceito de energia e atuação dos fotoprotetores**

Esse encontro teve como principal objetivo abordar os conceitos que definem a energia do fóton contida nas radiações eletromagnéticas e, dessa forma, tornar o aluno capaz de compreender a interação dessa energia com a matéria.

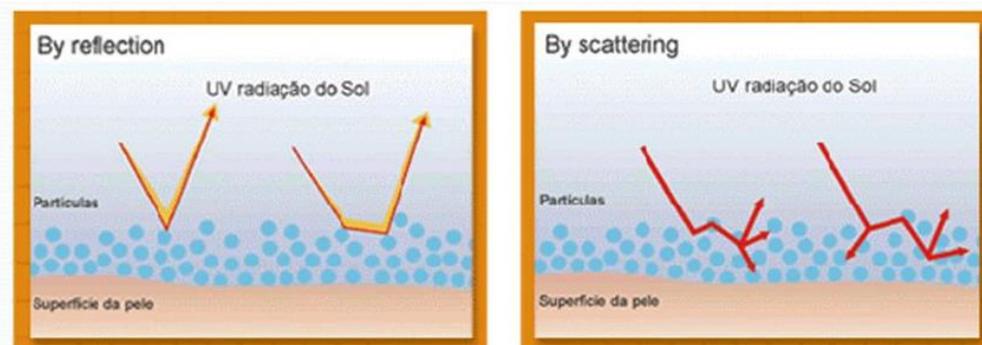
#### **➤ Primeiro Momento – Conceito sobre energia**

Utilizando slides e folha impressa entregue aos alunos, com um texto e duas questões, foram abordados tópicos sobre energia, como diversas formas da energia, fontes geradoras, transformações de unidade, fórmulas, níveis de energia, constante de Planck, cálculo da frequência e da energia em função do comprimento de onda, além de questões para serem resolvidas em sala de aula.

#### **➤ Segundo momento – Interação entre a RUV e o fotoprotetor**

Foram apresentados através de slides, conceitos elementares sobre o processo de filtração e/ou bloqueio físico e químico da radiação ultravioleta nos fotoprotetores através dos componentes químicos utilizados e da interação entre a radiação em função do comprimento de onda e da matéria, a radiação UV. A **figura 3.10** foi apresentada, dentre outras imagens, para ilustrar o conteúdo mostrando o comportamento da RUV sobre fotoprotetores. A imagem da

esquerda mostra a atuação por reflexão ou efeito físico através do dióxido de titânio e óxido de zinco e a imagem da direita mostra a atuação da absorção e reflexão parcial.



**Figura 3.10.** Reflexão e espalhamento da RUV pelo fotoprotetor.

Fonte: <<https://www.slideshare.net/COMASTRI/fotoprotetor>>. Acesso em: 11 out. 2018.

### ➤ Terceiro momento – Aplicação do Questionário 3

O questionário 3, com quatro questões objetivas de múltipla escolha, (Apêndice 5), foi respondido em dupla visando explorar informações mais voltadas aos conceitos físicos relacionados às energias das RUV.

Alguns pontos tratados nas questões:

- Identificação das sub faixas RUV em função do comprimento de onda da radiação;
- Identificação de características físicas da RUV em função do comprimento de onda;
- Identificação da ordem crescente de energia das RUV em função de alguns efeitos sobre a pele;
- Características das diferentes radiações do espectro em função de alguns efeitos sobre os seres vivos.

Durante a aplicação do questionário, foram disponibilizados na lousa fórmulas para o cálculo do comprimento de onda. Após a entrega dos questionários, foi iniciada uma rodada de debates sobre as questões. Na

oportunidade, foram trocadas informações e esclarecidas dúvidas dos alunos sobre as questões apresentadas no referido questionário.

### **3.3.4 ENCONTRO 4 – O Espectrofotômetro e a montagem de um protótipo**

Esse encontro teve como objetivo apresentar para o aluno o que é um espectrofotômetro, suas aplicações, seus elementos básicos, além da montagem de um protótipo com a utilização de materiais acessíveis.

#### ➤ **Primeiro momento – O Espectrofotômetro e seus Elementos Básicos**

- **O Espectrofotômetro**

Foram apresentadas noções sobre o espectrofotômetro de uso profissional como, princípio básico de funcionamento e algumas aplicações, a exemplo de como o espectrofotômetro pode ajudar nas análises das interferências das radiações sobre a matéria. A **figura 3.11** apresenta um espectrofotômetro profissional.



**Figura 3.11.** Exemplo de espectrofotômetro.

Fonte: <<https://www.lojabunker.com.br/Espectrofotometro-UV-VIS-190-a-1100nm1>>. Acesso em: 11 out. 2018.

- **Componentes Básicos do Espectrofotômetro a ser construído**

O objetivo desse momento foi fazer com que os alunos pudessem manusear e conhecer melhor algumas características físicas dos componentes do espectrofotômetro. Foram apresentados fisicamente os componentes para

montagem do nosso protótipo do espectrofotômetro, que toma como base uma fonte de luz com comprimento de onda conhecido, no caso um LED UV, um resistor sensível à variação da luz (LDR), um multímetro, uma fonte elétrica e outros. Esses componentes foram apresentados e discutidos conforme descrição a seguir:

- **O LDR (Resistor Sensível à Variação de Luminosidade)**

Apresentada a relação de proporcionalidade inversa entre o resistor sensível à luminosidade (LDR) e o nível de incidência luminosa a que ele é exposto, foi também explicado que no espectrofotômetro o LDR tem a função de receber a radiação emitida pelo LED e enviar para o multímetro valores de variação da sua resistência. O apêndice 7 apresenta informações mais detalhadas sobre o LDR inclusive mostra a curva de sensibilidade para região do ultra violeta em diferentes materiais constituintes. A **figura 3.12** mostra um LDR convencional utilizado em pequenos circuitos elétricos, do tipo que foi utilizado na montagem dos espectrofotômetros.



**Figura 3.11.** Resistor sensível à luminosidade (LDR).

Fonte: <<https://www.ebay.com/itm/4PCS-12mm-Light-Sensitive-Dependent-Resistor-CDS-LDR-Photoresistor-12528-GL12528-/192113579043>>. Acesso em: 11 out. 2018.

- **O LED (Diodo Emissor de Luz)**

Com o auxílio de imagens, em PowerPoint foi apresentado o LED e suas diversas vantagens frente a outras fontes de luz, como baixa tensão e corrente de operação (o que garante uma maior segurança aos usuários), dimensões reduzidas, não gera energia térmica, tem baixo custo, entre outras. Foi apresentado o LED utilizado como fonte de radiação na construção do

espectrofotômetro. O LED emite luz com comprimento de onda contido na faixa espectral do ultravioleta A (UVA), que varia de 350 a 410 nm. A luz emitida pelo LED utilizado tem intensidade máxima em 363 nm (análise no Apêndice 11). A **figura 3.13** ilustra um LED UVA.



**Figura 3.13.** Diodo Emissor de Luz (LED).

Fonte: <<https://www.adafruit.com/product/1793>>. Acesso em: 10 out. 2018.

### ➤ Segundo momento – Montagem dos Espectrofotômetros

Um dos objetivos desse momento foi permitir aos alunos a participação na montagem dos espectrofotômetros e, com isso, promover maior motivação e interesse sobre o tema abordado.

Para esse momento, foram formadas sete equipes no total, sendo três equipes de uma turma e quatro equipes de outra, com cinco alunos cada. Em função da disponibilidade de apenas dois kits para montagem, foi necessário dividir esse momento e trabalhar com três equipes em uma aula e, em outro momento, com quatro equipes em outra aula. Portanto, enquanto duas equipes trabalhavam na montagem, as outras aguardavam a liberação do kit.

Foram disponibilizados dois kits com conexões modulares, representadas por fios e componentes eletrônicos equipados com conectores nas extremidades, do tipo encaixe rápido, com o objetivo de permitir flexibilidade e praticidade na montagem. A **figura 3.14** ilustra os componentes do kit para montagem do espectrofotômetro, bem como diagrama ilustrado do circuito.



**Figura 3.14.** Kit de montagem do Espectrofotômetro.  
Fonte: Autoria própria.

Os materiais necessários em cada kit para montagem e teste do espectrofotômetro foram os seguintes:

- 01 Fonte de corrente contínua com saída de 12 V;
- 01 Multímetro configurado para medir resistência elétrica;
- 01 Caixa de PVC (caixa elétrica de passagem) com tampa, bornes para conexão com a fonte e o multímetro, chave liga-desliga;
- Pedacos de fios (jumper) com aproximadamente 10 cm de comprimento e conectores de encaixe rápido nas extremidades;
- 01 LED UVA;
- 01 Resistor de 470 ohm;
- 01 LDR (Resistor Dependente de Luz);
- 02 Suportes de plástico para o LED e o LDR;
- Diagrama elétrico impresso.

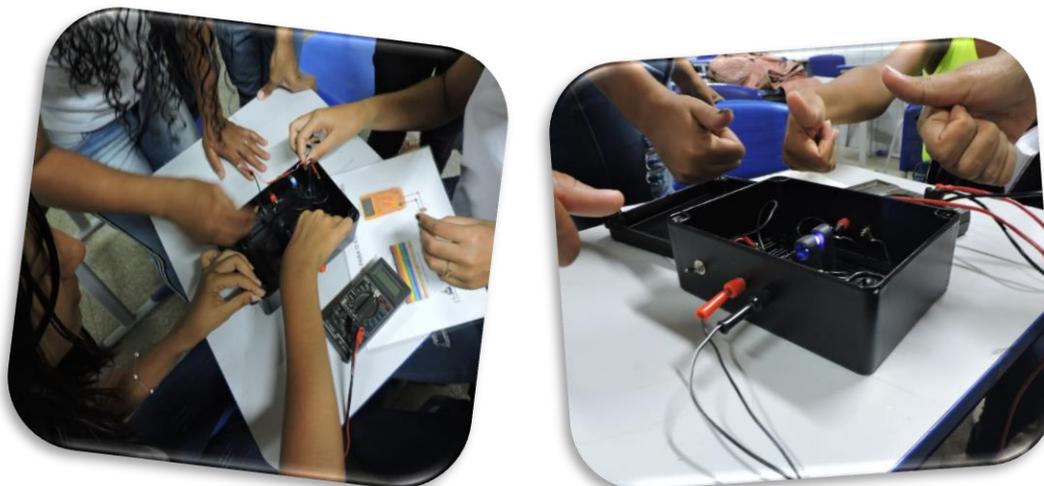
Foi possível também explorar um pouco sobre os conhecimentos dos alunos sobre circuitos elétricos durante a montagem dos espectrofotômetros envolvendo conceitos básicos, como corrente elétrica, tensão, potência, resistência elétrica, tipos de circuitos (série e paralelo), instrumentos de medida e outros. Nesse momento, foi disponibilizado um diagrama do circuito em folha impressa (Apêndice 14), elaborado com imagens ilustrativas dos próprios componentes eletrônicos, entrada da alimentação (fonte), multímetro e tabela de

código de cores para resistores. A **figura 3.15** mostra o diagrama com imagens para auxiliar na montagem do circuito elétrico do espectrofotômetro.



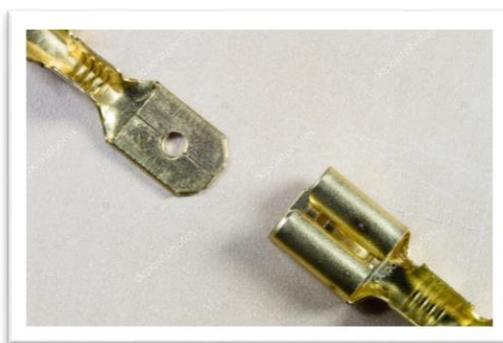
**Figura 3.15.** Circuito elétrico com imagens.  
Fonte: Autoria própria.

Durante a montagem dos espectrofotômetros, com o propósito de evitar uma possível queima de algum componente eletrônico, os alunos foram orientados a não ligar a fonte e, conseqüentemente, não alimentar o circuito enquanto não fosse realizada uma verificação final por mim. Em seguida, os espectrofotômetros foram testados apenas para verificação do acionamento do LED e verificação da variação do valor da resistência do LDR pelo multímetro, provocada por variação na incidência luminosa proveniente do próprio ambiente. As **figuras 3.16** e **3.17** mostram equipes montando e testando o espectrofotômetro.



**Figuras 3.16 e 3.17.** Equipes trabalhando na montagem e no teste do Espectrofotômetro.  
Fonte: Autoria própria.

Nesse momento, o uso de conectores do tipo encaixe rápido nos componentes foi primordial para a dinâmica dos trabalhos. A **figura 3.18** mostra o tipo de conector elétrico (engate rápido) utilizado nas conexões.



**Figura 3.18.** Conectores elétricos do tipo engate rápido.  
Fonte: <<https://br.depositphotos.com/187446340/stock-photo-new-electrical-connectors-accessories-for.html>>. Acesso em: 10 out. 2018.

O material necessário para compor o kit de montagem dos espectrofotômetros, bem como quantitativos e valores médios por item, está descrito na **tabela 3.3** (Apêndice 8).

As **figuras 3.19 e 3.20** mostram alguns materiais e ferramentas utilizados na pré-montagem e o primeiro espectrofotômetro montado antes do início da aplicação do produto com conexões fixas.



**Figuras 3.19 e 3.20.** Pré-montagem e conclusão do primeiro protótipo.  
Fonte: Autoria própria.

### 3.3.5 ENCONTRO 5 – *Medições com fotoprotetores*

Este encontro teve como objetivo principal promover uma maior compreensão sobre a interação da radiação, principalmente da RUV, com a matéria em função do seu comprimento onda. Para a realização das medidas foi utilizada como base a Lei Beer que determina valores percentuais de transmitância e absorção da RUV incidida sobre meios materiais, relativos a quantidade de radiação que atravessa esse meio.

A Lei de Beer prevê que:

$$T = \frac{I}{I_0}$$

Considerando que: %T = 100.T e (T) é a transmitância de uma amostra é dada pela razão entre a quantidade de luz que atravessa essa amostra (I) e a quantidade de luz que sobre ela incide (I<sub>0</sub>). Logo, a luz que passa através de uma substância sem que ocorra absorção, a transmitância percentual é 100%.

No nosso caso, foram utilizados valores de resistência do LDR em função da radiação emitida pelo LED UVA incidente sobre o LDR. A nossa relação adaptada da lei de Beer estar representada na relação a seguir:

$$T = \frac{I_0}{I}$$

Quando o feixe de radiação emitido pelo LED incide diretamente (sem qualquer tipo de anteparo) sobre o LDR, altera a resistência elétrica. Quando o feixe de radiação emitido pelo LED atravessa um anteparo, a exemplo do porta-

amostra de vidro, sem ou com amostra (substância), ocorre reflexão e absorção de parte do feixe, o que provoca uma redução da radiação transmitida em relação a radiação incidente, causando um aumento no valor da resistência do LDR. Portanto, considerando a relação inversa entre a quantidade da radiação incidente e a resistência resultante no LDR, tem-se que quanto maior a quantidade de radiação, menor o valor da resistência no LDR, e vice-versa. Dessa forma, nesse experimento, por conta dessa relação inversa, o cálculo do percentual da transmitância, adaptado da Lei de Beer, foi definido como a razão entre o valor de resistência devido a radiação que incide diretamente sobre o LDR, sem anteparo, ( $I_0$ ) ou valor fixo, e o valor da resistência em função da radiação que atravessa um anteparo (porta amostra sem amostra e com amostra) e incide sobre o LDR, ( $I$ ) ou valor variável. Assim, teremos sempre o valor de ( $I_0$ ) menor que o valor de ( $I$ ), resultando em razão menor que 1 (um). Multiplicando-se esse valor por 100, obtém-se o percentual da transmitância (T%). Esse cálculo é aplicado mantendo-se o valor fixo ( $I_0$ ) e variando o valor de ( $I$ ), sucessivamente, para as amostras das substâncias a serem analisadas.

Foram realizados procedimentos de medições, extra sala de aula, utilizando os espectrofotômetros para verificação do percentual de transmitância da radiação UVA em duas amostras de cremes protetores solares (fotoprotetores) e em um hidratante corporal. Após o registro dos valores da variação da resistência elétrica no LDR, os dados coletados foram lançados na **tabela 3.2**.

**Tabela 3.2.** Valores ilustrativos percentuais relativos de transmitância e absorção.  
Fonte: Autoria própria.

Valores	Sem Amostra		Com Amostra		
	Sem porta-amostra	Com porta-amostra	Fotoprotetor 1	Fotoprotetor 2	Creme Hidratante
Resistência ( $\Omega$ )	6.200 ( $I_0$ )	6.500 ( $I$ )	14.600 ( $I$ )	13.200 ( $I$ )	7.000 ( $I$ )
Transmitância (%)	100	95	42	45	88
Absorção (%)	0	5	58	55	12

### ➤ Primeiro momento – Medições com os Fotoprotetores

Nesse momento, foi fundamental a disposição de todos os materiais necessários, bem como a organização da turma em equipes para garantir a máxima agilidade, em função do tempo curto para elaboração de uma das atividades. A seguir, apresentamos a lista com materiais necessários para o início dos trabalhos:

- Amostras dos protetores solares, preferencialmente de duas marcas diferentes com proteção mútua contra radiação UVA e UVB e suas respectivas embalagens ou rótulo informativo para fins de conferência das informações sobre o produto;
- Papel toalha ou similar;
- Recipiente com água para limpeza dos porta-amostras (opcional);
- Porta-amostras de vidro com espessura de 3 mm devidamente limpos;
- Planilha (tabela 3.2) com fórmula da Lei de Beer para registro dos valores da medição e anotação dos valores em percentuais da transmitância resultante da incidência da radiação ultravioleta emitida pelo LED UV sobre as amostras dos cremes em análise.

As equipes ficaram livres para a escolha da marca do fotoprotetor e do hidratante a serem usados dentre os disponíveis no kit ou, ainda, para usar outro tipo trazido de casa pelo aluno, conforme orientação passada em aula anterior.

### **Etapas de Procedimentos para Realização das Medições**

**Primeira etapa:** Com a caixa do espectrofotômetro fechada, incidiu-se diretamente a radiação UVA oriunda do LED sobre o LDR sem porta-amostra, e foi registrado na **tabela 3.2** o valor da resistência do LDR. Esse valor foi usado como referência ou valor fixo ( $I_0$ ), relativo à máxima radiação emitida pelo LED que chega ao sensor (LDR). A **figura 3.21** mostra a imagem de uma equipe de alunos realizando medições com a caixa do espectrofotômetro fechada.



**Figura 3.21.** Equipe realizando medições dos valores de referência na tabela 3.2.  
Fonte: Autoria própria.

**Segunda etapa:** Utilizando o porta-amostra de vidro, posicionado em uma das vias existentes na caixa entre o LED e o LDR, ainda sem a amostra do fotoprotetor, foi verificado o valor da resistência elétrica no LDR e registrado o valor na tabela 3.2, no campo destinado a essa informação. Nesse momento, os alunos puderam verificar se houve ou não variação da resistência em relação ao valor anteriormente registrado sem o porta-amostra. Depois disso, lancei comentários e questionamentos sobre o procedimento com o objetivo de estimular os alunos a discutirem, por exemplo, a possibilidade da ocorrência da reflexão ou da absorção da luz através do vidro. Em função das características físicas e dos materiais do vidro, ocorre uma absorção da radiação e, conseqüentemente, uma variação no valor da resistência. A **figura 3.22** mostra um dos grupos de alunos realizando a primeira medida, com a tampa do espectrofotômetro ainda aberta para certificação do acendimento do LED.



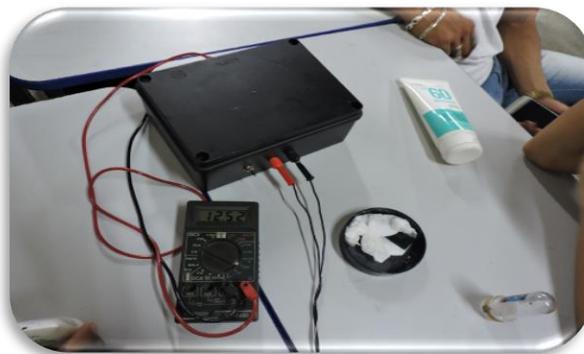
**Figura 3.22.** Equipe de alunos realizando medições dos valores com o porta-amostra.  
Fonte: Autoria própria.

**Terceira etapa:** As equipes ficaram livres para escolher dois fotoprotetores entre os disponíveis (em algumas equipes os alunos trouxeram de casa), e, na sequência, foi aplicada uma pequena quantidade do fotoprotetor, suficiente para formar filme fino em torno de um quinto da superfície do porta - amostra. O espalhamento foi realizado com a ponta de um dos dedos da mão com movimentos circulares, deixando o filme translúcido aos olhos. Em seguida, do mesmo modo que na etapa 2, foi verificado se houve variação do valor da resistência elétrica sobre LDR e registrado o valor na tabela 3.2. Nesse momento, deu-se início às discussões entre os alunos sobre as diferenças dos valores entre as condições testadas, sem porta-amostra, com porta-amostra e com a substância (fotoprotetor). A **figura 3.23** apresenta alunos fazendo o espalhamento do fotoprotetor sobre o porta-amostra.



**Figura 3.23.** Equipe de alunos realizando espalhamento do fotoprotetor.  
Fonte: Autoria própria.

**Quarta etapa:** Foi retirado o porta-amostra e substituído por outro contendo outro tipo de fotoprotetor de livre escolha dos alunos, porém de marca diferente. Na sequência, foram obedecidos os mesmos procedimentos da etapa anterior. Os valores das medições em diferentes fotoprotetores, normalmente geram valores diferentes e compatíveis com cada tipo. A **figura 3.24** mostra a equipe realizando coleta de valores do segundo tipo de fotoprotetor utilizado.



**Figura 3.24.** Equipe de alunos realizando medições de valores com fotoprotetor.  
Fonte: Autoria própria.

**Quinta etapa:** Foi utilizada como amostra uma substância que não constava na indicação de proteção contra radiação UVA, no caso, um creme hidratante. Os procedimentos aplicados foram os mesmos das duas últimas etapas. Ao final dessa etapa, foi realizada uma breve discussão entre os alunos a fim de se verificar se houve diferença entre os valores da resistência no LDR para os fotoprotetores e o hidratante.

**Sexta etapa (opcional):** Na caixa do espectrofotômetro é possível abrigar um par de óculos, de modo a permitir o encaixe da lente (uma por vez) no espaço reservado ao porta-amostras, dando condições para a realização de medições, de maneira semelhante ao procedimento para o fotoprotetor. Foram utilizados dois tipos de óculos de sol (óculos escuros), sendo um com certificação e indicação de proteção contra as radiações UV e outro sem certificado (clandestino). Para essas medições não houve o registro oficial dos resultados.

**Sétima etapa:** Com os dados dispostos na tabela 3.2, os alunos procederam aos cálculos para encontrar os valores em percentuais para cada medida. A **figura 3.25** mostra a tabela 3.2 preenchida por uma das equipes, com

os cálculos dos percentuais de transmitância e absorção da incidência da RUV sobre o conjunto porta-amostra e camada do fotoprotetor, a partir da Lei de Beer adaptada.

TABELA PARA CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA E ABSORÇÃO DA RADIAÇÃO SOBRE O FOTO PROTETOR.

363

Valores	Sem Amostra		Com Amostra		
	Sem porta amostra (Referência)	Com porta amostra	Protetor Solar UVA Marca A Tipo 1	Protetor Solar UVA Marca B Tipo 2	Creme Hidratante Sem prot. Hidratante
Resistência (I)	7000	7500	17.800	44.000	7.700
Transmitância (%)	100%	93%	39%	15%	90%
Absorção (%)	0%	7%	61%	85%	10%

Obs: Determinar a transmitância da radiação emitida pelo LED direcionado ao LDR sem a interferência da amostra e cada amostra na planilha acima utilizando a Lei de Beer ( $T = I_0$ , sendo que: %T = 100 T), em que a transmitância (T) de uma amostra é a razão entre a quantidade de luz que atravessa um meio (I) (valor de referência) e a quantidade de luz que sobre ele incide (I<sub>0</sub>).

$$T = \frac{I_0}{I} \quad T = \frac{7000}{7500} = 0,93 \times 100 = 93\%$$

$$\text{day} \rightarrow T = \frac{7000}{17.800} = 0,39 \times 100 = 39\%$$

$$\text{MK} \rightarrow T = \frac{7000}{44.000} = 0,15 \times 100 = 15\%$$

$$\text{Hidratante} \rightarrow T = \frac{7000}{7.700} = 0,90 \times 100 = 90\%$$

**Figura 3.25.** Tabela 3.2 preenchida por uma equipe de alunos com os cálculos resolvidos.

Fonte: Autoria própria.

## Capítulo 4

### Resultados e Discussões

Este capítulo apresenta uma discussão sobre a aplicação do produto.

#### 4.1 Discussão sobre a Aplicação do Produto

Dentre as diversas atividades aplicadas nessa sequência didática que envolveu a participação dos alunos, somente os questionários serão analisados quantitativamente. Sobre as demais atividades, será apresentada uma reflexão, a exemplo das rodadas de debates com perguntas e respostas. Para todas as atividades, sem exceção, como também ocorreu na execução da SD, serão levados em conta os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do aluno para fim das discussões. Sobre as respostas dos questionários 1, 2 e 3, também será levada em conta a realidade dos alunos quanto à sua vivência com o tema abordado, tomando como base as orientações da CTS. Ainda nessa discussão sobre os questionários, serão apresentados os objetivos antes da discussão de cada questão afim de colaborar na compreensão do leitor sobre as análises e os comentários sobre cada questão que estarão sempre em seguida. Também serão apresentadas algumas das respostas dos alunos, desde respostas mais coerentes até respostas menos coerentes. A tabela 4.1 mostra critérios para avaliação das respostas. As tabelas 4.2, 4.3 e 4.4, que estão no Apêndice 06, apresentam os quantitativos das respostas para os questionários 1, 2 e 3 respectivamente.

**Tabela 4.1.** Critérios para análise das questões.

CLASSIFICAÇÃO DA QUESTÃO	CRITÉRIO PARA RESPOSTA
Correta	A resposta será considerada correta quando responder satisfatoriamente ao questionamento.
Parcialmente Correta	A resposta será considerada parcialmente correta quando atender em parte o questionamento.
Incorreta	A resposta será considerada incorreta quando não corresponder ao questionamento.

A narrativa das discussões apresentadas pela fala do professor terá o objetivo de transmitir a vivência de cada momento da aplicação da Sequência Didática. A seguir, serão trazidas à baila as discussões sobre cada encontro da SD e seus respectivos momentos.

#### **4.1.1 ENCONTRO 1 – A RUV no cotidiano**

##### ➤ **Primeiro momento – Apresentação de imagens, vídeo e debate**

O vídeo despertou a atenção dos alunos, que fizeram comentários e perguntas, sempre associando a seus conhecimentos oriundos do cotidiano. Para a exibição se considerou que a apresentação de imagens e vídeos curtos em sala de aula estimula a atenção dos alunos e torna o momento mais envolvente (MORAN, 1995).

A seguir, alguns comentários de alunos (serão usados pseudônimos) durante a discussão sobre os slides e o vídeo apresentados:

- **Leonido:** *“Notei uma vermelhidão nas costas da minha namorada que tem pele clara depois que ficamos deitados na areia da praia por mais de uma hora, depois de alguns dias a pele das costas dela despelou. Eu não senti nada, também tenho pele quase negra e já estou acostumado a pegar sol.”*

- **Lícia:** *“Uso protetor solar quando vou à praia, passo ainda em casa e ainda assim minha pele despela.”*
- **Leo:** *“Passei a usar protetor no pescoço depois que comecei a trabalhar como coveiro na colina da saudade tomando sol todos os dias. O restante do corpo eu protejo com roupa e chapéu.”*
- **Wilin:** *“Quando vou ao trabalho de bicicleta, uso boné e roupas com proteção contra a radiação ultravioleta e apenas o pescoço e mãos ficam bronzeadas.”*
- **Marisa:** *“Faço bronzeamento em casa tomando sol, das 10 às 11h, duas vezes por semana. Uso um produto que não deixa arder muito, mas fico bronzeada.”*
- **Givaldo:** *“Uso protetor solar para evitar a ardência na pele, mas não sabia que era causada pela radiação UVB e achava que o bronzeamento da pele era decorrente da vermelhidão. Fiquei surpreso em saber que a diferença do comprimento de onda de uma mesma radiação causa diferentes reações na pele.”*
- **Bruno:** *“Foi muito curioso saber que a luz que faz a gente enxergar as coisas não é a mesma da UVA e da UVB e que têm frequências diferentes.”*

Esse momento não teve o objetivo de fomentar informações e conhecimentos específicos relativos à radiação solar, porém, durante o debate, foi possível perceber que alguns dos alunos apresentaram argumentos trazidos do cotidiano contrários aos conceitos físicos, como este: *“O nível de emissão da radiação ultravioleta é dado pelo nível da claridade do sol”*. Comumente, os alunos entendem ou trazem do cotidiano a concepção de que a radiação da faixa do visível é responsável por todos os efeitos da radiação solar, como a ultravioleta e o infravermelho. Diante dessa observação, surgiu a necessidade de ampliar a abordagem sobre esse tema, com o objetivo de corrigir esse conflito e ampliar o conhecimento sobre as diversas faixas de radiação emitidas pelo sol, seus efeitos, os percentuais de incidência da RUV em relação às demais radiações, os percentuais entre a UVA e a UVB. A elaboração do próximo momento (segundo momento) ocorreu durante a aplicação desse momento.

➤ **Segundo momento – A radiação solar e seus efeitos**

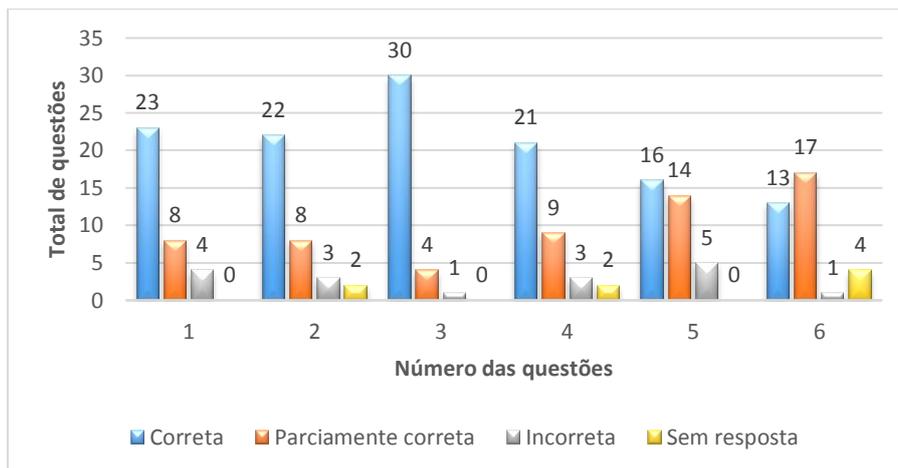
Durante a apresentação desse momento, alunos teceram comentários por meio dos quais foi possível notar que houve uma compreensão sobre as diferentes faixas e dos efeitos do espectro da radiação emitida pelo Sol. No fim da apresentação, retomei alguns comentários apresentados pelos alunos no momento anterior, os quais apresentavam conflitos conceituais e pedi para que os refizessem de modo a manter uma relação com seu aprendizado no cotidiano. Os alunos demonstraram uma melhor associação entre os antigos e os novos conhecimentos. Portanto, considera-se que a evolução do nível dos comentários foi satisfatória.

➤ **Terceiro momento – Aplicação do Questionário 1**

O questionário 1 foi respondido por 35 alunos no quarto momento do primeiro encontro da sequência didática com o objetivo de verificar nos alunos conhecimentos já existentes adquiridos no seu cotidiano, a exemplo das informações passadas pelos meios de comunicação e informações apresentadas e discutidas nos três primeiros momentos do primeiro encontro.

Para os questionários 1, 2 e 3, foram selecionadas algumas respostas de alunos que estão representadas após a análise, com o objetivo de ilustrar e dar uma noção do padrão de respostas dos alunos. Não será apresentada uma discussão sobre cada questão com base nos critérios de avaliação conforme tabela 4.1, por não haver objetivo como esse no trabalho. Os critérios foram utilizados para efeito de correção das questões, visando a construção dos gráficos.

O **gráfico** 4.1 apresenta quantitativos das questões que foram respondidas corretamente, parcialmente corretas, incorretas e das questões não respondidas do questionário 1.



**Gráfico 4.1.** Quantitativos do Questionário 1.  
Fonte: Dados da pesquisa.

## Refletindo sobre as respostas dos alunos no questionário 1

### Questão 1

*Hoje você conheceu um pouco mais sobre as radiações UVA e UVB. Você pode comentar uma diferença entre essas duas radiações?*

**Objetivo:** Estimular os alunos a elaborarem uma relação entre os conhecimentos sobre a RUV adquiridos no cotidiano por meio dos veículos de comunicação e as informações apresentadas no vídeo e no debate após o vídeo. Não houve nessa questão o objetivo de avaliar, necessariamente, o nível de conhecimento sobre os conceitos físicos envolvidos.

**Análise:** As respostas mostraram que os conhecimentos obtidos a partir dos meios de comunicação do cotidiano dos alunos, somados às informações das atividades anteriores ao questionário, promoveram um aprendizado satisfatório. Quanto ao quantitativo tiveram 23 respostas corretas e as respostas parcialmente corretas foram 8, um número quase 3 vezes menor; portanto, o objetivo da questão não foi satisfatoriamente alcançado diante o fato de alguns alunos demonstrarem não compreender bem os fenômenos, ao relacionarem sempre os efeitos da RUV aos efeitos do espectro visível. Seguem algumas respostas apresentadas consideradas parcialmente corretas ou incompletas:

- *“São diferentes tipos de raios ultravioletas que são transmitidos a partir do sol e uma das principais diferenças entre os raios UVA e UVB está na cor que ele deixa na pele após a pele ser atingida pelo sol por muito tempo.”*
- *“A UVA atinge a parte mais profunda da pele, deixando bronzeada, e a UVB é mais intensa das 10 às 16h deixando a pele mais avermelhada.”*
- *“A UVA é **mais longa** e ondulada e afeta a segunda camada da pele e atravessa as nuvens. A UVB é menos longa, causa câncer e quase não passa pelas nuvens.”*

### **Questão 2**

*Os meios de comunicação através de campanhas de conscientização tentam convencer as pessoas sobre os cuidados que devem ter com a pele e com os olhos diante das radiações solares, principalmente nos momentos de maior intensidade. Qual faixa do espectro de emissão da radiação solar pode gerar riscos à saúde? Cite um problema causado por essa radiação sobre o ser humano.*

**Objetivo:** Estimular no aluno a capacidade de diferenciar os tipos de radiações emitidas pelo sol e qual radiação tem interferência benéfica ou maléfica na saúde do homem. Dessa forma, pretendeu-se criar uma relação entre o conhecimento já existente do aluno e as informações passadas e discutidas nos dois momentos anteriores.

**Análise:** Foi possível identificar, nas respostas, elementos que foram apresentados nas atividades anteriores e, ao mesmo tempo, embasados nos contextos do cotidiano dos alunos, como afirmativas sobre problemas de saúde causados pelas RUV, portanto o objetivo da questão foi alcançado. Sobre o quantitativo, 22 foi o número de respostas corretas e 8 foi o número de questões parcialmente corretas, o que corrobora com os dados coerentes da análise apresentada. Algumas respostas obtidas são trazidas a seguir:

- *“UV. Queimaduras e câncer de pele.”*
- *“Faixa da radiação ultravioleta. Ao longo dos anos pode provocar câncer de pele e cegueira.”*

- *“Principalmente a radiação ultravioleta pode causar câncer e outras doenças. Outras radiações do sol também podem causar problemas.”*

### **Questão 3**

*Podemos observar em nosso dia a dia que algumas pessoas tentam se proteger do sol usando blusas de manga longa, chapéus, óculos e outros acessórios com indicação sobre a proteção contra as radiações ultravioleta. Você acredita que roupas normais como as que estamos vestindo, sombreros (sombrinhas e guarda-chuva ou guarda-sol), óculos falsificados e outros são capazes de proteger sua pele e seus olhos das radiações UV? Comente sua afirmativa.*

**Objetivo:** A proposta dessa questão foi verificar se o aluno tinha conhecimento sobre a capacidade de transmitância da radiação ultravioleta, para identificar se ele sabia que a radiação pode transpor alguns obstáculos. A questão buscava também identificar se houve superação quanto ao conflito ao relacionar os efeitos da RUV com os demais efeitos da radiação solar, por exemplo, confundir os efeitos da RUV com os efeitos da radiação visível. A questão propôs ainda conhecer a importância de saber quais tipos de acessórios, como roupas e óculos, são capazes de promover a proteção contra a RUV.

**Análise:** As respostas tiveram um perfil semelhante ao da questão anterior (2), por apresentarem informações características do cotidiano bem relacionadas às informações apresentadas nas atividades anteriores, mostrando que os alunos, em maioria, agregaram conhecimento. Foram 30 respostas corretas e 4 parcialmente corretas, dados esses coerentes com a análise apresentada. Algumas respostas obtidas são trazidas a seguir:

- *“Sim. Porque evitam o contato direto da radiação com a pele e no caso dos óculos, sempre escuto que não protegem.”*
- *“Sim. Protegem porque passo por essa experiência, mas tenho certeza que não protege 100%.”*
- *“Hoje em dia temos tecnologias que são usadas em roupas, óculos, protetores solares que são capazes de amenizar esse impacto dos raios UV.”*

#### **Questão 4**

*De que maneira os fotoprotetores agem na proteção da pele contra as radiações ultravioleta?*

**Objetivo:** Essa questão, assim como as anteriores, teve o objetivo de verificar o conhecimento dos alunos principalmente quanto às informações passadas nas atividades anteriores e nas informações do cotidiano do aluno e, ainda, despertar sobre a existência de fatores que promovem uma ação específica dos fotoprotetores diante da incidência das RUV.

**Análise:** As informações trabalhadas até o momento da aplicação desse questionário não trataram especificamente sobre os conceitos físicos e químicos e sobre o modo como os fotoprotetores atuam. As respostas foram satisfatórias e apresentaram elementos mostrados no vídeo e nas demais atividades. Houve muitas dúvidas e perguntas feitas por alguns alunos que demonstraram não ter uma noção mais ampla sobre a existência de substâncias específicas nos fotoprotetores que interagem com as RUV. O quantitativo de respostas corretas foi de 21 em relação às respostas parcialmente corretas, que foram 9, o que mostrou um razoável conhecimento da turma. Seguem algumas respostas dos alunos:

- *“Absorvendo e refletindo os raios.”*
- *“Formando uma camada protetora na pele que reflete a radiação ultravioleta.”*
- *“Refletindo os raios ultravioleta como um espelho.”*

#### **Questão 5**

*Sobre o fator de proteção solar (FPS), o que representam os números (10, 15, 30, 40...) que aparecem nas embalagens dos cremes protetores solares?*

**Objetivo:** O FPS (Fator de Proteção Solar) é uma sigla muito usada quando se fala em fotoprotetor, porém seu verdadeiro sentido não é traduzido corretamente. Essa questão buscou conhecer o grau de discernimento dos alunos quanto à

aplicação do fator de proteção solar, o que seria importante nas etapas seguintes sobre o papel do FPS e sua relação com a UVB.

**Análise:** O FPS, apesar de ser uma informação bastante usual no dia a dia e primordial na escolha do fotoprotetor, as pessoas pouco sabem sobre seu real significado. As respostas apresentadas pelos alunos nessa questão trouxeram, quase sempre, uma relação entre o FPS e a pele. Durante o debate sobre o vídeo, foram passadas informações elementares sobre o cálculo do tempo de proteção do fotoprotetor em função do tempo de exposição à radiação solar, portanto as questões que relacionaram o fator com o tempo de proteção foram consideradas corretas, apesar de nenhum aluno ter apresentado a resposta completa. A primeira resposta, dentre as que aparecem a seguir, foi a mais coerente, mesmo não estando completa. Quanto ao quantitativo, foram 16 respostas corretas, 14 parcialmente corretas e 5 não corretas. Esses números mostram um pouco da realidade sobre o conhecimento que as pessoas têm sobre o FPS.

Consideramos, assim, necessária uma maior explanação sobre o FPS durante as etapas anteriores. Seguem algumas respostas dos alunos:

- *“Indicam quanto tempo você pode ficar exposto ao sol antes de começar a queimar a pele.”*
- *“Quanto maior o número, mais longa será a proteção.”*
- *“O maior número para pele muito clara crianças e o maior para pele negra porque leva mais tempo para causar queimadura.”*

### **Questão 6**

*Sobre a radiação Ultravioleta, responda:*

- a) *Em dias nublados, devemos abrir mão do uso do protetor solar e de óculos com proteção contra RUV?*
- b) *A não incidência direta da luz solar sobre a pele garante o bloqueio das radiações ultravioleta? Comente suas respostas.*

**Objetivo:** Estimular nos alunos a construção de conhecimentos sobre temas apresentados no vídeo a respeito do bloqueio parcial que a RUV sofre ao passar pelas nuvens e sobre a reflexão e a refração da luz.

**Análise:** O termo “refração da luz” não foi apresentado em nenhuma das respostas. Somente duas respostas mencionaram sobre a reflexão da luz para justificar os efeitos da radiação sobre as pessoas mesmo estando à sombra. No item b, algumas respostas foram coerentes, mesmo sem aparecer o termo *reflexão da luz*; portanto, foram consideradas corretas as questões que explicavam os fenômenos, ainda que não citassem os conceitos físicos. Nessa questão, pela linguagem e pela forma como alguns termos foram colocados, as respostas mostraram colaborações das informações do cotidiano dos alunos e das atividades anteriores em sala de aula. Algumas respostas dos alunos são apresentadas a seguir:

- *“A radiação UV, principalmente a UVA, atravessa as nuvens, chegando até a pele das pessoas. A luz do sol reflete na superfície e atinge as pessoas.”*
- *“Não, apesar do risco ser menor. O sol reflete nos objetos e na areia e vai até as pessoas.”*
- *“Não. Mesmo nos dias nublados o índice de radiação é frequente e prejudicial.”*
- *“Os dois tipos de radiação UVA e UVB podem ser parcialmente retidos pelas nuvens.”*

#### **4.1.2 ENCONTRO 2 – As ondas eletromagnéticas e o espectro de emissão da radiação solar**

A proposta inicial deste trabalho prevê, na aplicação desse produto, apenas uma revisão sobre o espectro da emissão da radiação eletromagnética; no entanto, na execução da SD, foi necessário trabalhar o conteúdo com mais detalhes, próximo da abordagem prevista pelo planejamento para a disciplina de Física. Portanto, foi necessário antecipar o início da aplicação do produto por motivo de mudança no calendário da escola, de maneira a atender a uma necessidade de adequação ao regime de tempo integral, o qual estava sendo implantado. Isso provocou uma antecipação de 35 dias para o encerramento das aulas. Contudo, a abordagem sobre o espectro de emissão da radiação se deu

praticamente durante a revisão prevista nesse momento, que foi fundamental na preparação do aluno para as fases seguintes da sequência didática.

➤ **Primeiro momento – Revisão sobre as ondas eletromagnéticas e o espectro de emissão da radiação**

A utilização de imagens e textos curtos sobre o espectro de emissão da radiação eletromagnética teve como objetivo principal tornar a aula mais dinâmica pelo curto tempo disponível para revisão, o que promoveu uma boa atenção por parte dos alunos. Apesar disso, a abordagem de conceitos físicos mais detalhados, como a ordem de grandeza da frequência e do comprimento de onda, a velocidade de propagação e outros, tornou os alunos menos participativos quando comparado às abordagens anteriores, que contaram com mais envolvimento de elementos do cotidiano. Um dos comentários dos alunos foi: *“Começou a ficar complicado, estava melhor a explicação de como a radiação causa bronzeamento e doenças de pele...”*. Apesar desse comportamento dos alunos, foi possível notar que os dados mais específicos apresentados sobre o espectro colaboraram na construção de um conhecimento mais sólido para os conceitos físicos, sem causar distanciamento quanto às relações do cotidiano.

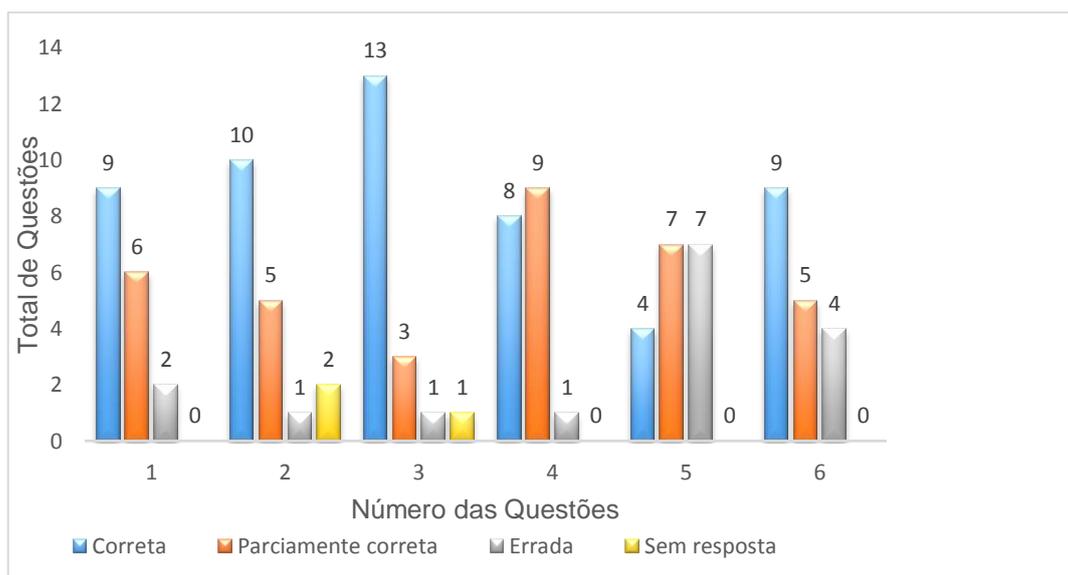
Vale salientar que esse encontro (Revisão sobre as ondas eletromagnéticas e o espectro de emissão da radiação) pode ser removido da SD caso o professor que for aplicar o produto já tenha abordado o tema. Outra possibilidade é ampliar esse encontro e incluir na SD a abordagem, na íntegra, sobre o espectro de emissão da radiação eletromagnética.

➤ **Segundo momento – Análise do Questionário 2**

O objetivo desse questionário é verificar nos alunos o grau de conhecimento sobre as ondas eletromagnéticas e o espectro de emissão da radiação solar e colaborar no aprendizado desses conceitos. O questionário foi respondido em dupla, como forma de estimular os alunos a participarem desse momento da SD, pois se tratava de uma semana de eventos na escola com

apresentações de palestras e gincanas, o que gerou certa dispersão dos alunos no momento da aplicação desse questionário. No total, foram 34 alunos que responderam o questionário, sendo que dois alunos optaram por fazer individualmente.

A seguir, mostramos um gráfico com os quantitativos das respostas das questões do questionário 2 (corretas, parcialmente corretas, incorretas e sem resposta).



**Gráfico 4.2.** Quantitativos do Questionário 2.  
Fonte: Dados da pesquisa.

### Questão 1

*Alguns elementos fazem parte do estudo das ondas, como: frequência, período, comprimento de onda e amplitude. Esses conceitos são comuns para as ondas mecânicas e eletromagnéticas. Quais as principais características diferem esses dois tipos de ondas? Comente sua resposta.*

**Objetivo:** Essa questão tinha a proposta de avaliar o entendimento do aluno quanto às diferentes características entre ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. A solicitação para o comentário sobre a resposta teve a função de permitir ao aluno complementar suas informações em relação aos conceitos físicos ou ainda em relação aos fatores do cotidiano.

**Análise:** As respostas, na sua maioria, foram diretas e com poucos comentários. Considerei corretas as questões que apresentaram adequadamente o conceito físico, mesmo que não constassem os comentários. Durante a aplicação dos

questionários, foi possível observar, nas perguntas e nos comentários feitos pelos alunos, que a revisão foi bastante proveitosa e que ajudou na compreensão de vários pontos abordados até aquele momento. A resolução do questionário em dupla também colaborou para esse resultado, na medida em que promoveu a troca de informações entre os componentes das duplas. Os resultados quantitativos das questões também foram bastante satisfatórios, sendo 13 questões corretas e 2 parcialmente corretas, demonstrando que houve aprendizado. Algumas respostas dos alunos foram estas:

- *“As ondas mecânicas precisam de meio material para se propagarem, e as eletromagnéticas não precisam de meio material.”*
- *“Ondas mecânicas resultam de deformações provocadas em meios materiais e ondas eletromagnéticas são o resultado da vibração de cargas elétricas.”*
- *“As ondas mecânicas vibram em uma mesma frequência, e as ondas eletromagnéticas vibram em diferentes frequências e comprimento de onda.”*

## **Questão 2**

*Quais dos três elementos: frequência, período ou amplitude, definem e classificam as bandas do espectro de emissão da radiação eletromagnética? Como complemento, faça um esboço da onda representando esses principais elementos.*

**Objetivo:** Tornar consistente o entendimento do aluno sobre os elementos que definem a separação e a classificação das raias espectrais, fundamental para a compreensão dos diferentes efeitos e níveis de energia do espectro de emissão da radiação solar.

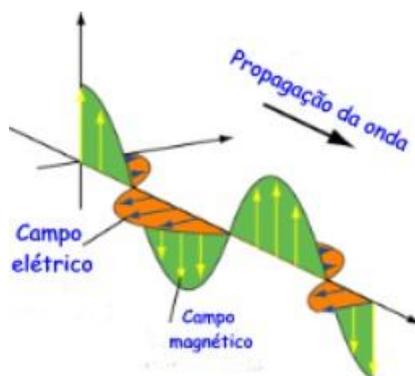
**Análise:** Todas as respostas foram diretas e curtas, constando sempre o termo frequência e/ou comprimento de onda. Outras respostas apresentaram termos fora do conceito abordado, o que mostra que a fundamentação teórica precisa ser mais trabalhada. Considero que a falta da abordagem dos conceitos sobre o espectro eletromagnético dentro da programação prevista pelo planejamento e

o curto tempo para abordagem desse tema em caráter de revisão provocaram essa deficiência no aprendizado. O quantitativo das respostas mostra essa realidade. Apenas duas duplas completaram a resposta, inclusive com o esboço correto. Foram identificadas 12 respostas parcialmente corretas ou com o esboço ilegível e 04 incorretas ou sem resposta. Esses resultados me levaram a reforçar, em outro momento posterior, a relação de proporcionalidade inversa entre a frequência e o comprimento de onda. Algumas respostas mais frequentes entre corretas e parcialmente corretas são apresentadas a seguir:

- “Comprimento de onda e frequência.”
- “Comprimento de onda.”
- “Frequência e amplitude.”

### Questão 3

As radiações eletromagnéticas são compostas por dois campos defasados entre si em  $90^\circ$ , um campo elétrico e um campo magnético, como mostra a figura 4.26 abaixo:



**Figura 4.1.** Propagação da onda eletromagnética.

Fonte:

<[www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm)>. Acesso em: 12 set. 2018.

*Cite três aplicações que você conhece no seu dia a dia que utilizam ondas eletromagnéticas.*

**Objetivo:** Essa questão tem por finalidade de estimular o entendimento dos alunos sobre as aplicações das ondas eletromagnéticas no cotidiano, seja nos meios tecnológicos, seja na própria natureza.

**Análise:** Os alunos apresentaram respostas satisfatórias sempre mesclando aplicações voltadas para a área tecnológica, a exemplo das transmissões nos meios de comunicação e o uso em equipamentos hospitalares, além das aplicações na natureza, como a radiação solar. Portanto, os resultados quantitativos das questões foram bastante satisfatórios, sendo 14 questões corretas e 4 parcialmente corretas. Algumas respostas dos alunos foram as seguintes:

- *“Em redes de celular, rádio, luz do sol.”*
- *“Equipamento de raio X, radiação ultravioleta e aparelho de micro-ondas.”*
- *“Forno de micro-ondas, carregador de celular e Wi-Fi.”*

#### **Questão 4**

*Complete os espaços abaixo:*

*As ondas eletromagnéticas se propagam no \_\_\_\_\_, transportando \_\_\_\_\_ e não matéria.*

**Objetivo:** Estimular no aluno à compreensão sobre o modo de propagação das ondas eletromagnéticas.

**Análise:** Durante a revisão, foi possível perceber que os alunos têm dificuldade em abstrair alguns argumentos conceituais, como se percebe em: *“Uma onda pode se propagar no vácuo, ou seja, num meio totalmente ausente de matéria, e transporta energia e não matéria”*. Até o momento da aplicação desse questionário, os conteúdos apresentados não foram suficientes para o entendimento quanto ao transporte de energia pela onda eletromagnética. Apesar dessa condição, os resultados quantitativos dessa questão foram razoavelmente satisfatórios, com 07 questões corretas e 10 parcialmente corretas. Algumas respostas apresentadas pelos alunos foram estas:

- *“Vácuo e energia.”*
- *“Vácuo e módulo.”*
- *“Vácuo e cargas positivas.”*

### Questão 5

*A radiação eletromagnética depende de meio material para ser transportada? Você pode nos ajudar justificando sua resposta?*

**Objetivo:** Questão para complementar a anterior (Questão 4), com objetivo de identificar o conhecimento dos alunos sobre o modo de propagação das ondas eletromagnéticas e sua independência quanto ao meio material.

**Comentário:** É muito comum os alunos terem dificuldade em abstrair a ideia de que uma onda eletromagnética pode se propagar sem depender de qualquer meio material, transportando energia e não matéria. O termo **transportar**, intuitivamente, parece implicar movimento de matéria, e essa concepção é notória na formação do aluno. De modo semelhante à análise da questão anterior, a falta do conceito sobre energia influenciou nas respostas. Considerei os resultados razoavelmente satisfatórios, ainda que tenham sido apenas 4 respostas corretas, 7 parcialmente corretas e 07 incorretas. Seguem algumas respostas de alguns alunos:

- *“Não. Ondas eletromagnéticas não precisam de meio para propagar-se.”*
- *“Não. A onda se propaga pelo sistema solar e não depende de meio material.”*
- *“Não necessariamente porque ela também pode se propagar vácuo.”*

### Questão 6

*A radiação solar está ativamente presente em nosso dia a dia. Relacione os itens abaixo com as bandas do espectro da radiação solar citadas mais abaixo:*

- I. Aquecimento ( );
- II. Luminosidade ( );
- III. Ardência e queimadura na pele ( );
- IV. Bronzeamento da pele ( ).

**Bandas:**

- A- Espectro visível;
- B- Radiação UVA;
- C- Radiação infravermelha;
- D- Radiação UVB.

**Objetivo:** Estimular o entendimento dos alunos sobre as características e os efeitos das diferentes radiações do espectro com elementos que foram bastante explorados durante a revisão.

**Comentário:** A questão reúne elementos do cotidiano abordados no início da sequência, e, com isso, os alunos mostraram que as relações entre conceitos físicos e cotidiano se mantiveram, assim atingindo o objetivo do encontro. Não obstante, os resultados dessa questão foram oportunos para confirmar a necessidade de reforçar pontos fundamentais nas próximas etapas da sequência didática, a exemplo do conceito de energia. O quantitativo das questões apresentou os seguintes números: 9 corretas, 6 parcialmente corretas e 3 incorretas, demonstrando um resultado parcial quanto ao aprendizado.

### **Discussão sobre o Debate**

O objetivo desse debate foi promover, entre os alunos, um compartilhamento de informações apresentadas nas questões e uma maior interação entre os colegas. Durante a discussão, foi possível notar que as colocações dos alunos sobre as questões, em alguns casos, foram mais coerentes que as respostas escritas, demonstrando um crescimento no conhecimento do aluno durante o debate com a dinâmica da troca de informações.

#### **4.1.3 Encontro 3 – Energia**

##### **➤ Primeiro Momento – Conceitos sobre energia**

Esse encontro teve como principal objetivo abordar os conceitos que definem a energia do fóton contida nas radiações eletromagnéticas, buscando uma conexão dessa energia com a interação da radiação com a matéria. Esse tema foi cuidadosamente tratado, apesar do pouco tempo disponível, pois se trata de um ponto importante para a compreensão da ação do fotoprotetor diante da radiação ultravioleta. Durante o momento em que abordei sobre as ondas

eletromagnéticas e o espectro de emissão da radiação, oportunamente tratei, teoricamente, sobre a energia envolvida e sua variação em função da variação da frequência ao longo do espectro. Essa introdução foi importante para o desenvolvimento da abordagem do conceito sobre energia.

Durante a abordagem do conteúdo, através de imagens ilustrativas e da contextualização sobre o conceito de energia, os alunos mantiveram uma boa atenção e participação, chegando a expor comentários relacionados à radiação solar. No entanto, ao iniciar a apresentação de fórmulas para o cálculo da energia, do valor da constante de Planck e outros, os alunos esboçaram uma reação negativa, com algumas demonstrações de desinteresse quanto às aplicações matemáticas, em especial sobre as ordens de grandezas dos valores de frequência e do comprimento de onda. Alguns alunos comentaram que as abordagens de temas relacionados às radiações e seus efeitos no dia a dia, ainda que conectados com conceitos físicos, eram mais interessantes.

Essa reação negativa pode ter sido motivada pelo entendimento do conteúdo como algo matemático, o que fez parecer aos alunos que a compreensão seria mais difícil. Conforme Gomes, Batista e Fusinato (2017), esse entendimento constitui-se um problema que influencia negativamente na aprendizagem da física.

Para garantir o envolvimento da turma, foi necessário incrementar elementos do cotidiano como, os efeitos das radiações na vida das pessoas, conectados aos resultados dos cálculos. Dessa forma, tornou-se possível concluir as atividades, inclusive a resolução de duas questões, as quais estavam previstas para o momento, de forma razoavelmente satisfatória.

Considerando as informações sobre a realidade dos alunos do turno noturno da escola de aplicação desse produto, conforme relatado no início das discussões, é importante manter, de modo expressivo, as bases da CTS durante todas as etapas, com vistas a garantir uma maior inclusão dos alunos.

### ➤ **Segundo Momento – Interação entre a RUV e o fotoprotetor**

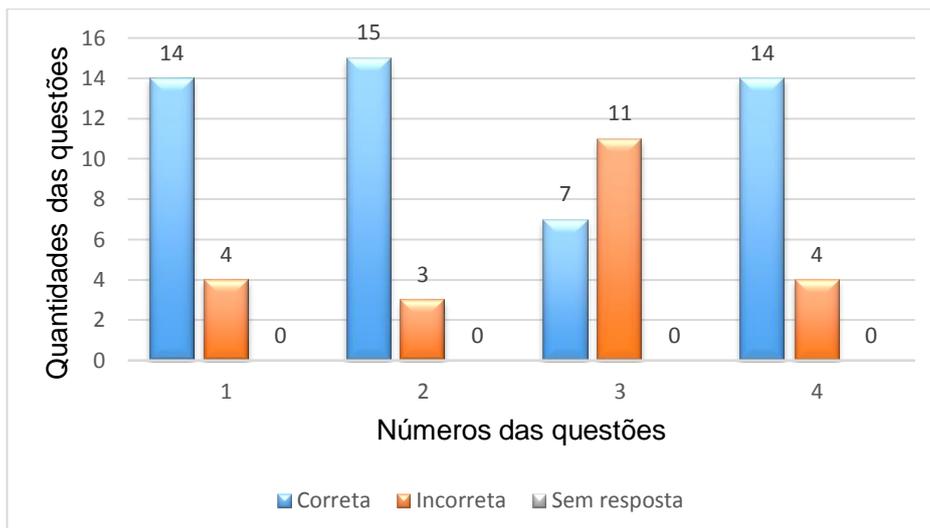
Com base nas informações apresentadas no momento anterior sobre o conceito de energia, foi possível abordar, de modo elementar, sobre o

comportamento da radiação UV ao incidir sobre a matéria, em particular com o fotoprotetor, bem como a apresentação de componentes químicos usados na produção dos fotoprotetores. A participação dos alunos foi motivadora, uma vez que contou com perguntas e comentários durante a explanação. Na oportunidade, alguns alunos chegaram a relatar a seguinte frase: *“Dessa forma, sem o uso de contas, fica mais fácil de entender”*. Portanto, a utilização dos conceitos de energia associada à utilização de imagens ilustrativas sobre a dispersão (reflexão) e a absorção da radiação ultravioleta pelo fotoprotetor promoveu um satisfatório grau de compreensão pelos alunos.

### ➤ **Terceiro Momento – Aplicação do Questionário 3**

No total, foram 18 questionários respondidos, sendo 15 duplas e 3 alunos optaram por responder individualmente, portanto 33 alunos contribuíram respondendo ao questionário 3. Como normalmente, os alunos apresentam dificuldades em abstrair sobre o tema energia, as questões foram relativamente simples e sem cálculos, apenas uma questão dava a possibilidade de responder com uso de cálculo. O questionário teve como objetivo verificar nos alunos o grau de conhecimento sobre as relações da frequência e do comprimento de onda com os níveis energéticos do espectro de emissão da radiação solar, algo muito importante para a próxima etapa da SD, a saber, medições da interação da RUV nos dispositivos fotoprotetores.

Esse questionário, por apresentar apenas questões de múltipla escolha, não conta com o critério de correção “Parcialmente correta”. A seguir, fazemos a apresentação do quantitativo dos resultados das questões do questionário 3, através do **gráfico 4.3**.

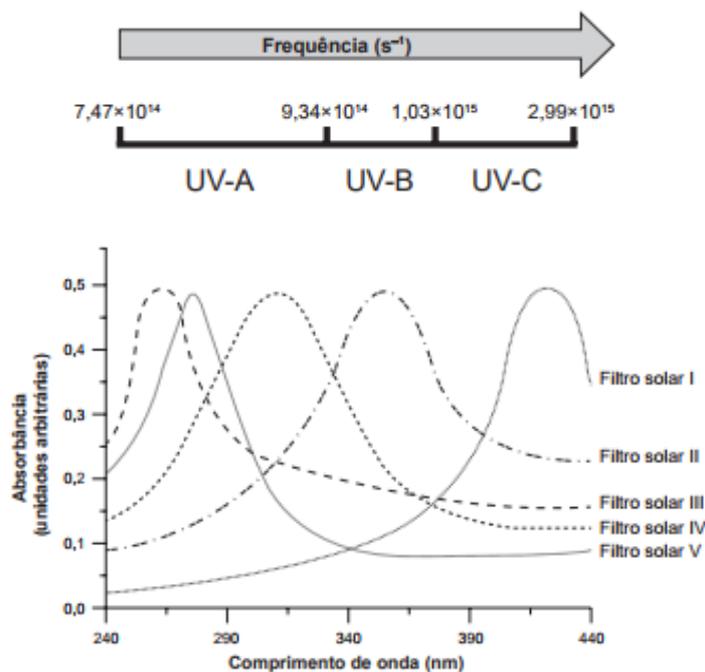


**Gráfico 4.3.** Quantitativos do Questionário 3.  
Fonte: Dados da pesquisa.

## Refletindo sobre as respostas dos alunos no questionário 3

### Questão 1

A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura 4.27. Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros (Figura 4.26) de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



Considere: velocidade da luz =  $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$  e  $1 \text{ nm} = 1,0 \times 10^{-9} \text{ m}$ .  
O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o:

- a) V                      b) IV                      c) III                      d) II                      e) I.

**Objetivo:** A escolha dessa questão teve por objetivo incentivar o aprendizado do aluno quanto à relação entre o comprimento de onda e a radiação UVA, UVB e UVC, a que esse comprimento de onda está relacionado, permitindo ao aluno o entendimento no tocante à escolha de um filtro solar (fotoprotetor) em função da máxima intensidade do comprimento de onda da UVB apresentado. Considera-se que a aplicação dessa questão num processo seletivo como o ENEM confirma a importância da abordagem do tema.

**Discussão:** Essa questão permite sua resolução de duas maneiras, a primeira utilizando dados da figura da questão (Espectros com valores de frequência e comprimento de onda). Durante a aplicação dos questionários, foi possível perceber pelas perguntas e pelos comentários feitos pelos alunos que a relação entre comprimento de onda e faixa da RUV ficou bem clara para os alunos, porém a relação com os valores da frequência ainda gera muitas dúvidas. Os alunos a consideraram a questão trabalhosa, mas muito interessante por relacionar comprimento de onda com o tipo de radiação através para escolha do fotoprotetor, elementos muito discutidos até o momento. Os resultados quantitativos das questões também foram bastante satisfatórios, sendo 14 questões corretas e 4 incorretas.

**Questão 2.** (UCS Vestibular de Verão 2011)

*Muito se comenta a respeito dos efeitos nocivos dos raios ultravioletas do Sol. Comparando-os aos raios violeta, que não são considerados nocivos, qual diferença encontramos?*

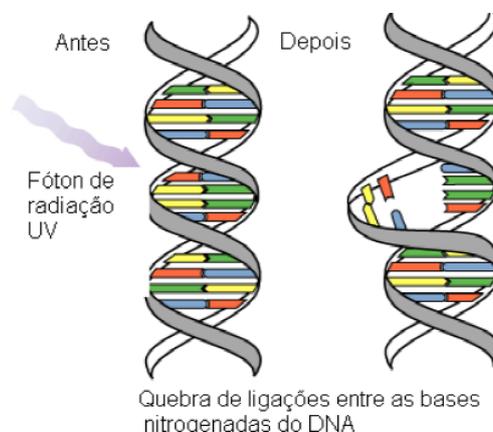
- a) *A radiação ultravioleta possui comprimento de onda menor.*
- b) *A radiação ultravioleta possui comprimento de onda maior.*
- c) *A radiação violeta (visível) se propaga mais rápido no vácuo.*
- d) *A radiação violeta (visível) se propaga mais lentamente no vácuo.*
- e) *A frequência do ultravioleta fica num valor intermediário entre a frequência do azul e a do violeta.*

**Objetivo:** Estimular no aluno o interesse pelo conhecimento quanto à percepção das diferenças, nas características físicas, entre uma radiação que pode ser prejudicial à saúde do homem, como a RUV, e outra radiação solar não prejudicial.

**Discussão:** Essa questão faz uma abordagem sobre o lado nocivo da RUV, portanto trata de uma importante relação social envolvendo as radiações UV e a saúde do homem, em sintonia com uma das principais bases deste trabalho. Outro ponto importante é estimular nos alunos a percepção entre diferentes características no espectro de emissão da radiação. Os resultados quantitativos das questões refletiram o objetivo da questão, sendo considerados bastante satisfatórios, com 15 questões corretas e 3 incorretas.

**Questão 3** (Qconcurso.com 2015)

Os raios ultravioletas, que são emitidos pelo Sol e por lâmpadas junto com o espectro visível, são classificados pelo seu comprimento de onda. A radiação UV é dividida em três categorias, conforme o seu comprimento de onda: UVA (315-400 nm), UVB (290- 315 nm) e UVC (100-290 nm). Os raios UV interagem diretamente com o DNA, podendo provocar sérias alterações nos seres vivos (eritemas, bronzeamento, diminuição da resposta imunológica, indução do câncer de pele etc.)



A ordem crescente de energia das radiações UVA, UVB e UVC são, respectivamente.

- $UVB < UVA < UVC$ .
- $UVC < UVB < UVA$ .
- $UVA < UVC < UVB$ .
- $UVA < UVB < UVC$ .
- $UVC < UVA < UVB$ .

**Objetivo:** Estimular o aluno a compreender a ordem energética do espectro da radiação em função do comprimento de onda e da frequência, a partir do conhecimento sobre a relação inversa entre comprimento de onda e energia, como apresentado pelas relações matemáticas (fórmulas) ao longo da sequência didática.

**Discussão:** A compreensão matemática dos alunos quanto à relação inversa entre frequência e comprimento de onda foi atingida, porém, no tocante à percepção da proporcionalidade inversa quanto ao espectro de emissão da radiação, eles ainda demonstravam dificuldades. O impacto desse não entendimento refletiu no resultado da questão, sendo 7 questões corretas e 11 incorretas.

Destacamos que a inclusão na SD de outras atividades, como uma prática envolvendo a construção do espectro de emissão da radiação, pode ajudar a corrigir essa deficiência.

#### Questão 4. (ENEM 2017)



DAVIS, J. Disponível em: <http://garfield.com>. Acesso em: 15 ago. 2014.

A faixa espectral da radiação solar que contribui fortemente para o efeito mostrado na tirinha é caracterizada como:

- Visível.
- Amarela.
- Vermelha.
- Ultravioleta.
- Infravermelha.

**Comentário:** Questão que exige interpretação de imagem e tem por objetivo verificar o entendimento do aluno sobre os efeitos das diferentes faixas do espectro da radiação solar sobre os seres vivos.

**Discussão:** Os alunos demonstraram entendimento nessa questão quanto aos efeitos nocivos causados à pele pelas RUV. Um aspecto comentado com os alunos durante a aplicação do questionário foi sobre os efeitos da radiação infravermelha, que, apesar de estar relacionada aos efeitos térmicos no que diz respeito ao aquecimento dos corpos, é menos energética do que a radiação ultravioleta e não causa lesões na pele. Esse entendimento ficou claro para os alunos, o que trouxe um bom nível de acerto na questão. O reflexo desse

aprendizado apareceu nos resultados da questão, sendo 14 questões corretas e apenas 4 incorretas.

### **Discussão sobre o Debate**

O objetivo desse debate é promover, entre os alunos, um compartilhamento de informações apresentadas nas questões e uma maior interação entre os colegas. Durante o debate, os alunos comentaram situações do cotidiano relacionadas à questão. Nesses debates ocorridos após os questionários, foi verificado sempre um enriquecimento do conhecimento entre os alunos.

#### **4.1.4 ENCONTRO 4 – O espectrofotômetro**

##### **➤ Primeiro Momento – O espectrofotômetro e seus componentes**

Os alunos demonstraram motivação e interesse em conhecer um pouco sobre as tecnologias que envolvem um espectrofotômetro profissional e sua importância. Na apresentação que envolveu a apresentação do material dos componentes eletrônicos básicos, os alunos ficaram surpresos com a relativa simplicidade para a construção do espectrofotômetro a ser utilizado em sala. Eles já tinham uma noção sobre os componentes envolvidos, além de conhecimento básico sobre circuitos elétricos.

Essa atividade marcou um momento de transição na sequência didática, encerrando uma fase com mais ênfase em abordagens sobre conceitos físicos e vivências do cotidiano do aluno, para a vivência de um conjunto de atividades com elaborações práticas, no entanto embasadas em toda a discussão teórica apresentada. Essa etapa foi ainda muito importante pela expectativa dos alunos para as próximas etapas, expectativa essa que colabora para mais motivação e empenho nas próximas etapas.

➤ **Segundo Momento – Montagem do espectrofotômetro**

Etapa bastante movimentada, em que os alunos puderam conhecer bem a estrutura do espectrofotômetro a ser montado, o que alavancou a autoconfiança dos deles. Essa vivência prática projetou nos alunos a maior manifestação de motivação até aquele momento da sequência didática, chegando a estabelecerem entre as equipes um saudável clima de “concorrência”. Eles discutiram detalhes sobre as conexões com a ajuda do mapa impresso como diagrama elétrico e aplicaram seus conhecimentos sobre circuitos elétricos simples. A flexibilização das conexões dos materiais, a exemplo dos fios e componentes com garras para encaixe rápido, permitiu aos alunos tentativas e correções, o que tornou o momento bastante dinâmico. Todas as equipes, sem exceção, demonstraram motivação e fizeram pouca solicitação para tirar dúvidas. Como almejado, observou-se a iniciativa e o esforço dos alunos em vencer o desafio de fazer o circuito funcionar corretamente.

A utilização de recursos práticos e experimentais em sala de aula, em especial por parte de alunos dentro da realidade aqui apresentada, pode gerar grande motivação e participação de todos, aumentando o empenho pelo aprendizado. Foi observado que, a partir desse momento, os alunos demonstraram mais interesse na participação das atividades. Isso representa um ganho muito importante diante dos problemas que a escola enfrentava naquele momento, principalmente no turno noturno, problemas esses que chegaram a ameaçar a conclusão da aplicação do produto.

**Nota:** Antes da preparação dos kits de montagem para aplicação do produto, montei um protótipo de um espectrofotômetro para servir de modelo e teste, seguindo os mesmos passos apresentados para a montagem dos kits, porém com as conexões fixas entre os componentes, não permitindo uma desmontagem e montagem com praticidade. Esse protótipo do espectrofotômetro não foi utilizado nesse momento.

#### **4.1.5 ENCONTRO 5 – Medições com fotoprotetores**

➤ **Primeiro momento – Medida com fotoprotetores**

## Sobre os procedimentos de medições

Durante todo o processo de medições, procurei estimular os alunos com comentários relacionando os principais conceitos físicos envolvidos, apresentados em momentos anteriores, com a interação da RUV com o fotoprotetor. Com isso, os alunos reagiram com perguntas e comentários inerentes ao processo.

Apesar das informações apresentadas, conforme descrição da SD, quanto à importância da fina camada do fotoprotetor aplicada sobre o porta-amostra para a realização da medição alguns alunos questionaram sobre a espessura da camada do fotoprotetor, a exemplo de: *“Por que não aplicar uma camada mais grossa, como usada na pele?”*. Então argumentei que sobre a pele as condições são as mais adversas, ou seja, devemos considerar fatores como a transpiração da pele, o contato físico com outras partes do corpo e com a roupa, o contato com a água e a areia, no caso da praia. Fatores esses que comprometem e interferem diretamente na condição da permanência do protetor sobre a pele. Esse diálogo foi realizado com todas as equipes.

Outro ponto bastante discutido durante as medições foi a relação inversa entre a intensidade da radiação incidida sobre o LDR (sensor) e seu valor de resistência. No comparativo entre os diferentes valores de resistência, transmitância e absorção, observados nos dois tipos de fotoprotetores usados por cada equipe, ou seja, diferentes marcas ou tipos, foi possível notar que os fotoprotetores de custos mais elevados e marcas mais conceituadas apresentaram melhores resultados, isto é, maior percentual de absorção da radiação. Diante disso, indaguei, a todo momento, aos alunos sobre o motivo dessa diferença da capacidade de absorção entre diferentes fotoprotetores, fazendo sempre uma relação entre o tipo de radiação incidida e as características do fotoprotetor.

Ao realizarem as medições usando creme hidratante, que apresenta semelhanças sensoriais com o fotoprotetor, como cor, consistência e cheiro, os alunos perceberam uma grande diferença no nível de transmitância na presença do mesmo comprimento de onda da radiação incidida, no caso, a UVA. Esse

comparativo do fotoprotetor com o creme hidratante foi o momento mais relevante de todo o produto, pois, permitiu ao aluno perceber que a interação da RUV com a matéria depende do comprimento de onda da radiação e dos compostos presentes na substância, resultando numa maior ou menor absorção da radiação. Além disso, os alunos realizaram os cálculos dos percentuais para completar a tabela 3.2 durante as análises, demonstrando interesse e domínio, condição não comum em outras circunstâncias, mesmo que envolvessem cálculos.

Essa prática concretizou o entendimento do aluno sobre o papel do comprimento de onda da radiação sobre diferentes substâncias, alcançando, dessa forma, um importante objetivo deste estudo.

#### ➤ **Sobre a utilização de um LED UVA de 375 nm**

Foi usado na aplicação do produto um LED UVA de comprimento de onda 363 nm, que é um LED de difícil aquisição, fornecido somente por importação para instituições de pesquisas. Diante disso, após à aplicação do produto, foi adquirido um LED UVA de 375 nm, dentro da faixa do ultravioleta, disponível para venda direta via site de compras (Apêndice 11).

No apêndice 12, encontra-se um comparativo de valores percentuais de transmitância e absorção entre os LED de 363 nm e 375 nm. Esse comparativo mostra que os resultados são compatíveis, ou seja, o LED de 375 nm pode ser utilizado na aplicação deste produto, com resultados tão satisfatórios quanto os obtidos com o LED de 363 nm.

#### ➤ **Sobre o preenchimento da tabela 10.1**

Este trabalho não tem o objetivo de comparar e analisar os resultados obtidos pelas equipes nas medições entre os diferentes tipos de fotoprotetores e cremes hidratantes, portanto a tabela 10.1 (Apêndice 10), tem somente a função de agrupar as leituras de todas as equipes em um único quadro. Como as medições foram realizadas simultaneamente, duas equipes por vez, em função da disponibilidade de apenas dois espectrofotômetros, e, em alguns

casos, diferentes equipes utilizaram o mesmo fotoprotetor, um mesmo fotoprotetor pode ter sido nomeado como tipo 1 por uma equipe e como tipo 2 por outra, na planilha de cálculos.

Ainda assim, foi verificado que valores dos percentuais de absorção apresentados por diferentes equipes para um mesmo tipo de fotoprotetor podem ter sido gerados por diversos fatores que causam interferência no resultado da medida como, manusear a lâmina do porta-amostra com as mãos contendo resquícios de outro fotoprotetor, diferença na espessura das camadas do fotoprotetor aplicado sobre o porta-amostra, tipo da fonte de alimentação que, apesar de ter a mesma tensão de saída (12v), gerava uma pequena e quase desprezível variação na intensidade luminosa do LED, refletindo, com isso, no valor da resistência de LDR.

Essa verificação não foi oficializada na sequência, apenas discutida entre os alunos, porém fica a critério do professor interessado em aplicar o produto em questão dar ênfase a essa constatação.

#### ➤ **Atividades não previstas na SD**

No início da etapa das medições, informei aos alunos que alguns fotoprotetores trazem na sua embalagem ou disponibilizam no site do fabricante valores percentuais médios de absorção das radiações UVA e/ou UVB. Algumas equipes, voluntariamente, consultaram na embalagem ou pelo celular (internet) essas informações e as compararam com os valores encontrados nas medições. Três das quatro equipes que fizeram essa análise encontraram valores próximos dos valores informados pelos fabricantes, com uma margem de diferença em torno de 5%, sempre abaixo do valor informado pelo fabricante. Esses dados não foram registrados oficialmente, pois não havia a proposta de construir uma análise envolvendo marcas de produtos, mas esse comparativo foi muito importante para os alunos terem uma maior confiabilidade e credibilidade no espectrofotômetro construído e usado em sala de aula. Dada a importância desse momento, sugere-se aos professores que pretendam aplicar este produto que realizem esse procedimento pelos bons resultados e pela motivação que os alunos podem apresentar.

Outro procedimento motivador realizado por algumas equipes, sempre ao final das medições com os fotoprotetores, porém sem tabelamento de dados, foi a utilização de óculos para verificar o grau de absorção da RUV. Os alunos utilizaram um par de óculos escuros (óculos de sol) clandestino, sem indicação de fabricante ou mesmo de proteção contra a RUV, e outro par de óculos escuros de marca registrada e com indicação de proteção contra a RUV. Foram realizadas as medições com os dois óculos e verificada uma diferença de mais de 80% nos níveis de absorção da RUV, com maior percentual de absorção da RUV para os óculos com lentes certificadas. Também foram realizados testes em lentes claras de óculos de grau de alguns alunos com certificação de proteção contra a RUV e foi verificado um nível de absorção próximo ao dos óculos escuros. Esses testes foram possíveis de serem realizados em função de o espaço interno da caixa usada para o espectrofotômetro permitir o encaixe dos óculos, inclusive o espaçamento entre o suporte do LED e o suporte do LDR, onde é colocado o porta-amostra, permite a inserção de lentes e da estrutura de armação com até 5 mm. Esses dados não foram registrados nem trabalhados, pois, apesar da relação direta com o tema e do objetivo deste trabalho, não houve condição de prazo (tempo) para o aprofundamento em relação à interação da radiação UV com lentes de óculos.

Em uma das equipes, durante o processo de montagem do espectrofotômetro, uma aluna comentou que seu namorado trabalhava como técnico em uma loja de acessórios para veículos e que tinha a função de aplicar películas em vidros de carros. Ela lembrou que ele havia comentado que a película tem proteção contra radiação ultravioleta, e, durante a conversa, outro aluno sugeriu que fizéssemos uma verificação em um pedaço da película veicular, e assim, surgiu a ideia de aplicar a película em um dos porta-amostras. No encontro seguinte, a aluna trouxe dois porta-amostras com diferentes tipos de película aplicada. Em um porta-amostra, havia uma película espelhada de uso proibido que apresentou mais de 95% de absorção da radiação UV. Em outro porta-amostra, com uma película de uso autorizado pelo DENATRAN, que, segundo a aluna, custava mais caro por conter proteção contra a RUV em até 70%. Essa amostra apresentou, na leitura do espectrofotômetro, em torno de 65% de absorção da radiação, 5% abaixo do valor informado pelo técnico da

loja. No entanto, uma observação: esses valores de absorção informados pelo técnico da loja não são oficiais, e não foi realizada pesquisa a fim de checar esses valores. Essa verificação fora da proposta do produto foi bastante motivadora para os alunos da referida equipe e chamou a atenção de alunos de outras equipes que aproveitaram para falar sobre a importância do uso de películas nos veículos pela proteção contra a RUV. Esses valores não foram registrados.

Nessas verificações extras, foram também discutidos os fenômenos físicos envolvidos na interação da radiação com a matéria, bem como nas demais atividades previstas.

No geral, essa atividade contribuiu para o ensino e aprendizagem, pois conforme Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007, p. 77), a abordagem CTS possibilita “despertar no aluno a curiosidade, o espírito investigador, questionador e transformador da realidade”.

### **Algumas considerações gerais sobre a aplicação do produto**

- O número de aulas utilizadas para a aplicação desse produto pode ser menor, considerando-se aulas com tempo de 50 min., que dariam 7 aulas, incluindo a abordagem sobre o espectro de emissão da radiação eletromagnética. O produto é aplicado por uma sequência didática flexível que permite mudanças no sentido de reduzir ainda mais o tempo previsto para aplicação. Um dos pontos que podem ser suprimidos são as apresentações de slides sobre alguns conteúdos, podendo ser substituídas por pesquisa realizada em casa pelos próprios alunos.
- Considerando-se as condições de uma escola com características semelhantes às da escola em que foi aplicado o produto, o tempo médio previsto para a abordagem do conteúdo proposto de modo convencional seria em torno de 6 aulas.

O quantitativo de aulas para a aplicação desse produto, com base na sua sequência didática, é justificado pela inclusão da metodologia baseada em CTS,

a qual requer um amadurecimento do aluno no sentido de relacionar os fenômenos da natureza que interferem no contexto social do homem aos conceitos físicos nele envolvidos.

## Capítulo 5

### Considerações Finais

A abordagem e o aprendizado sobre o espectro de emissão da radiação eletromagnética no Ensino Médio agregam ao conhecimento do aluno uma importante ferramenta de formação crítico-social, promovendo maior capacidade de discernimento entre os fenômenos físicos relacionados e às questões sociais que o envolvem. A abordagem com referência CTS neste trabalho buscou promover a discussão sobre fenômenos naturais que podem interferir na vida das pessoas, com a finalidade de aprimorar a compreensão desses fenômenos, que têm seus conceitos respaldados pela Física.

A SD elaborada para essa dissertação, que representa o produto proposto, demonstrou ser factível ao longo da vivência das etapas que a compõem, por apresentar recursos que relacionam os aspectos do tema escolhido, radiações solares e seus efeitos, aos respectivos conceitos físicos e às questões sociais, conforme previsto na temática CTS. Esse produto contribuiu para que os alunos conseguissem relacionar, de maneira motivadora, conceitos físicos e fenômenos naturais que interferem no seu próprio meio social, envolvendo temas como, saúde e tecnologia, a serviço da humanidade.

A montagem e utilização de um espectrofotômetro na SD contribuiu para concretização do entendimento dos alunos sobre os conceitos físicos envolvidos na abordagem e sobre como a radiação UVA interage com algumas substâncias fotoprotetoras. Esse equipamento pode ser replicado com relativa facilidade, pois os materiais necessários são de baixo custo e podem ser adquiridos no comércio, mesmo que em lojas virtuais.

Pode-se considerar, então, que o produto, bem como, toda a sequência didática que perfaz o produto, serviu, de fato, para a divulgação e entendimento de informações sobre as radiações UVA, UVB e UVC, e quanto aos riscos e benefícios à saúde da exposição a tais radiações.

Por fim, ressalto que, para mim, a realização desta dissertação, que envolve conteúdo da Física abordada no Ensino Médio, aplicado a questões

sociais que dizem respeito à saúde do homem moderno, não teria sido possível de elaborar com essa dimensão sem a vivência como mestrando do MNPEF.

## Referências

AIKENHEAD, G. S. Collective decision making in the social context of science. **Science**, 1985.

ARAÚJO, T. S.; SOUZA, S. O. Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta. **Revista Ciência Plena**, v. 4, n. 1, p. 1-2, 2008.

ASSUNÇÃO, H. F. da. **Modelo paramétrico para estimação da radiação solar ultravioleta**. 147f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

AUTIER, P.; BONIOL, M.; SEVERI, G.; DORÉ, J. F. Quantity of sunscreen used by European students. **Br. J. Dermatology**., v. 144, n. 2, p. 288-91, 2001.

BALL, D. W. **The Principles of Spectroscopy**. SPIE PRESS. The International Society of Optical Engineering. Bellingham, Washington/USA, 2001.

BARBOZA, R. E. M. C. **Física das radiações**: proposta de atividade para inserção de física moderna e contemporânea no Ensino Médio. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física). Universidade Federal Fluminense. Instituto de Física, 2012.

BARROS, Alice Lubanco Leal. **Uma Abordagem Sobre o Espectro Eletromagnético por meio de estudo de caso**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Fluminense. Rio de Janeiro, Campos do Goytacazes, 2018.

BATISTUZZO, J. A. O.; ITAYA, M.; ETO, Y. **Formulário médico farmacêutico**. 3. ed. São Paulo: Pharmabooks, 2006.

BERNARD, F.; CROMMELINCK, M. Sciences de lanature, technologies et sociétés. In: MEULDERS, M.; CROMMELINCK, M.; FELTZ, B. **Pourquoi la science?**. Paris: Champ Vallon, 1992.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: Ministério da Educação, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Vol. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2018.

CARDOSO, S. P. **Física das radiações**: um enfoque CTS para alunos do ensino médio da área industrial. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: UFRJ/IF, 2017.

CARDOSO, S. P.; VIANNA, D. M.; COUTINHO, S. C. Aplicações Industriais da Física das Radiações: um enfoque CTS. **Lat. Am. J. Phys. Educ**, v. 10, n. 4, p. 4319-1-5, 2016.

CHIQUETTO, M. J. O Currículo de Física do Ensino Médio no Brasil: Discussão Retrospectiva. **Revista e-curriculum**, São Paulo, v. 7 n. 1, 2011.

COSTA, E. J.; LACAZ, E. Fotoprotetores. *Medicina cutânea iberolatino-americana A*, 29, 145. **Education**, v. 69, n. 4, 2001.

FLOR, J.; DAVOLO, M. R.; CORREA, M. A. Protetores Solares. **Química Nova**, v. 30, n. 153, 2007.

GOMES, E. C.; BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A. O estudo das ondas eletromagnéticas a partir do enfoque CTS: uma possibilidade para o ensino de física no ensino médio, **REnCiMa**, v. 8, n. 1, p. 109-125, 2017.

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física**. 3º ano: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G.; RIQUEARTS, K. Discussions over STS at the fourth IOSTE symposium. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 4, p. 357-366, 1988.

HOLLAS, J. M. **Basic Atomic and Molecular Spectroscopy**. Royal Society of Chemistry. Cambridge CB40WF. UnitedKingdon, 2002.

INCA – Instituto Nacional de Câncer. **Estimativa 2010**: incidência de câncer no Brasil. Brasília: Coordenação de Prevenção e Vigilância (Conprev), Ministério da Saúde. 2018. p. 98.

JESUS, L. C.; SILVEIRA, J. B.; LUNAS, F. R. Radiação ultravioleta e seus efeitos. **Rev. Conexão Eletrônica**, v. 15, n. 1, p. 105-115, 2018.

LÓPEZ, J. L. L.; CERREZO, J. A. L. Educación CTS e nacción: enseñanza secundaria y universidad. In: GARCÍA, M. I. G.; CERREZO, J. A. L.; LÓPEZ, J. L. L. **Ciencia, tecnología y sociedad**: una introducción al estudio social de la ciencia y latecnología. Madrid: Editorial Tecnos S. A., 1996.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. *Comunicação e Educação* v.2, p. 27-35, 1995.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.

NASCIMENTO, N. Y.; BARDAQUIM, V. A.; FARIA, D. F.; DIAS, E. G.; ROBAZZI, M. L. C. C. **Saúde em Redes**, v. 4, n. 3, p. 143-152, 2018.

NASCIMENTO, L. F.; SANTOS, E. P.; AGUIAR, A. P. Fotoprotetores Orgânicos: Pesquisa, Inovação e a Importância da Síntese Orgânica. *Revista Virtual de Química*. v. 6, n. 2, p. 190-223, 2014.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 1. ed. Lisboa: Plátamo Edições Técnicas, 1984.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Revista Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 73, 2007.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. **Radiação ultravioleta: Características e efeitos**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Física das radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. Acesso em: 16 ago. 2019.

OLIVEIRA, Geane Santana Batista. **Diagnóstico do Câncer de Mama e o Ensino de Tópicos de Física Moderna**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal de Sergipe, Campus de São Cristóvão, Sergipe, 2019.

PUGLIESE, R. M. O trabalho do professor de Física no ensino médio: um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico. **Ciência&Educação**, Bauru, v. 23, n. 4, p. 963-978, 2017.

RANGARAJAN, M.; ZATS, J. Effect of formulation on the topical delivery of atocophetol. **J. Cosmet. Sci.**, v. 54, p. 161-174, 2003.

REV. CONEXÃO ELETRÔNICA, v. 15, n. 1, p. 105-115, 2018.

ROBERTS, D. A. What counts as science education? In: FENSHAM, P. J. (Ed.). **Development and dilemmas in science education**. Barcombe: The Falmer Press, 1991. p. 27-55.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. P. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira**. 2002.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, 2007.

SILVA, A. C. **Meio ambiente e saúde humana: variabilidade temporal da radiação ultravioleta e epidemiologia do câncer de pele na região Oeste do**

Estado de São Paulo. 132f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2007.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; ROCHA, R. J.; SILVA, S. C. F. A luz e os Filtros Solares: Uma Temática Sociocientífica. **Rev. Virtual de Quím.**, v. 7, n. 1, p. 218-241, 2015.

STEFANOVITS, Angelo (Ed.). **Ser Protagonista: Física**, 3º ano: Ensino Médio. Obra concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM. 2. ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

SUNROM. **Light Dependent Resistor – LDR**. 2008. Disponível em: <<https://www.sunrom.com/get/443700>. Acesso em 05.10.2018>. Acesso em:

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. 6. ed., v. 2. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2009.

WHO. World Health Organization. **Global solar UV index: practical guide**. Geneva: WHO, 2002. 28 p.

# APÊNDICE 1 – Conjunto de imagens sugeridas

### Ondas Eletromagnéticas

- Físico escocês James Clerk Maxwell.  
 - Se propagam no vácuo, os módulos dos seus campos oscilam em concordância de fase.  
 - Velocidade da luz ( $c = 3.0.10^8$  m/s).  
 - São diferenciadas por vibrarem em diferentes frequências e comprimentos de onda.  
 - A velocidade é dada por  $v = \lambda \cdot f$ , em que  $f$  é a frequência.

### O Espectro Eletromagnético

Valores de comprimento de onda em nanômetros na faixa do ultravioleta.

### Comprimento de onda x frequência

www.researchgate.net/publication/2469144-Espectro-eletromagnético-Foto-Hel-02\_Fig.1\_262051811

### Radiação Solar

Nosso planeta recebe uma significativa incidência de raios solares, sendo que aproximadamente 10% dessa radiação está na faixa da radiação ultravioleta (UV).

### Absorção parcial da radiação UV

### Efeitos das Radiações Ultravioleta Sobre a Pele

### Energia em Forma de Fóton

• Quando uma espécie química absorve energia na forma de fótons, seus elétrons ficam excitados e ocorre uma transição de um orbital (nível energético) de menor para outro de maior energia.

$E1 > E2$

• Quando uma espécie química emite energia na forma de fótons, ocorre uma transição de um orbital (nível energético) de maior energia para outro de menor energia.

$E1 > E2$

### Aplicação do processo de excitação do elétron

A luz UV é absorvida pelo filtro solar (left) and A luz UV é absorvida e dispersa (right).

Por reflexão (left) and Por espalhamento (right).

### Análise Gráfica

Aminoácidos como a **Fenilalanina**, **Tirosina** e **Triptofano** são os principais responsáveis pela absorção de luz na faixa de 280nm.

### Fatores Relacionados

- Comprimentos de onda dessas radiações;
- Características intrínsecas da pele;
- Tempo de exposição ao sol;
- Intervalo de horário da exposição;
- Clima da região, estação do ano e altitude.

**Resistor Sensível à Luminosidade (LDR)**

A variação da resistência elétrica do resistor sensível à luminosidade (LDR) é inversamente proporcional ao nível de incidência luminosa a que ele é exposto.

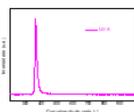
Composto por elementos fotosensores.



19

**LED UVA**

Foi utilizado um diodo emissor de luz (LED) cuja faixa espectral varia de 350 a 410 nm, com intensidade máxima em 363 nm.



20

**Espectrofotômetro**

21

## APÊNDICE 2 – Material de apoio para revisão

### Ondas Mecânicas

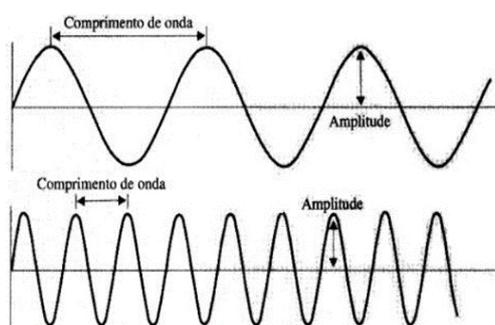
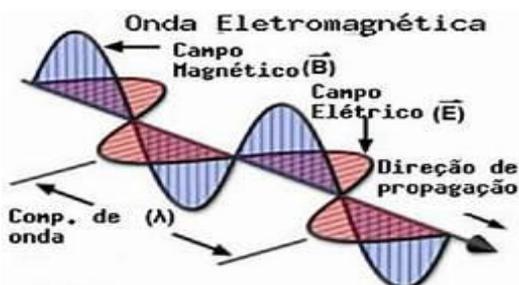


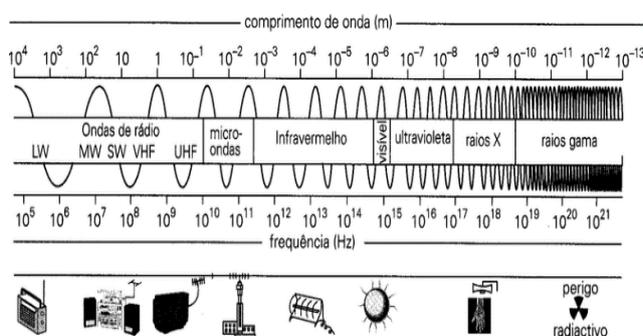
Imagem obtida no site: [http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/magens/ind\\_ef\\_ci/2009-03-10\\_22/mage016.jpg](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/magens/ind_ef_ci/2009-03-10_22/mage016.jpg)

### Ondas Eletromagnéticas

- Se propagam no vácuo com velocidade da luz ( $c = 3,0 \cdot 10^8$  m/s).
- São diferenciadas por vibrarem em diferentes frequências e comprimentos de onda.
- A velocidade é dada por  $v = \lambda \cdot f$ , em que  $\lambda$  é o comprimento de onda e  $f$  é a frequência.



### Espectro Eletromagnético



### Exercícios

1 - Muito se comenta a respeito dos efeitos nocivos dos raios ultravioletas do Sol. Comparando-os aos raios violeta, que não são considerados nocivos, qual diferença encontramos?

- a) A radiação ultravioleta possui comprimento de onda menor.
- b) A radiação ultravioleta possui comprimento de onda maior.
- c) A radiação violeta (visível) se propaga mais rápido no vácuo.
- d) A radiação violeta (visível) se propaga mais lentamente no vácuo.
- e) A frequência do ultravioleta fica num valor intermediário entre a frequência do azul e a do violeta.

2 –Um determinado fabricante de protetor solar resolve inovar e decide informar o tipo de radiação ultravioleta para o qual o seu produto é indicado através da frequência ( $f = 1,5 \times 10^7$ ). Utilize a equação fundamental da onda para encontrar o comprimento de onda e de posse da tabela apresentada na

## APÊNDICE 3 – Questionário 1

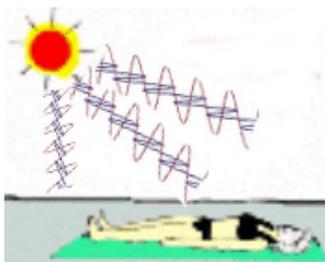
Colégio Estadual Prof. Hamilton Alves Rocha

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Aluno (a):

Turma:

1. Hoje você conheceu um pouco mais sobre as radiações UVA e UVB. Você pode comentar uma diferença entre essas duas radiações?
2. Os meios de comunicações através de campanhas de conscientização tentam convencer as pessoas sobre os cuidados que devem ter com a pele e com os olhos diante as radiações solares, principalmente nos momentos de maior intensidade. Qual faixa do espectro de emissão da radiação solar pode gerar riscos à saúde? Cite um problema causado por essa radiação sobre o ser humano.
3. Podemos observar em nosso dia a dia que algumas pessoas tentam se proteger do sol usando blusas de manga longa, chapéus, óculos e outros acessórios com indicação sobre a proteção contra as radiações ultravioleta. Você acredita que roupas normais como as que estamos vestindo, sombreros (sobrinhas e guarda chuva ou guarda sol), óculos falsificados e outros, são capazes de proteger sua pele e olhos das radiações UV? Comente sua afirmativa.
4. De que maneira os fotoprotetores agem na proteção da pele contra as radiações ultravioletas?
5. Sobre o fator de proteção solar (FPS), o que representam os números (10,15, 30, 40...) que aparecem nas embalagens dos cremes protetores solares?
6. Sobre a radiação Ultravioleta, responda:
  - a) Em dias nublados, devemos abrir mão do uso do protetor solar e de óculos com proteção contra RUV?
  - b) A não incidência direta da luz solar sobre a pele, garante o bloqueio das radiações ultravioletas? Comente suas respostas.



Fonte:

[http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm)

## APÊNDICE 4 – Questionário 2

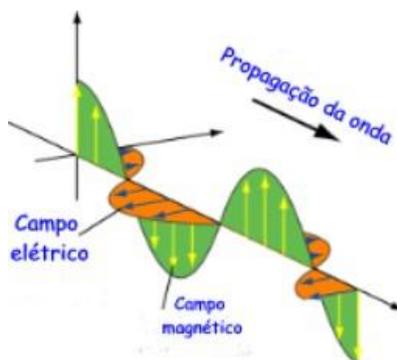
Colégio Estadual Prof. Hamilton Alves Rocha

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Aluno (a):

Turma:

1. Alguns elementos fazem parte do estudo das ondas, como: frequência, período, comprimento de onda e amplitude. Esses conceitos são comuns para as ondas mecânicas e eletromagnéticas. Quais as principais características diferem esses dois tipos de ondas? Comente sua resposta.
2. Quais dos três elementos: frequência, período ou amplitude, definem e classificam as bandas do espectro de emissão da radiação eletromagnética? Como complemento, faça um esboço da onda representando esses principais elementos.
3. As radiações eletromagnéticas são compostas por dois campos defasados entre si em  $90^\circ$ , um campo elétrico e um campo magnético, como mostra a figura 01 abaixo:



**Figura 01.** Propagação da onda eletromagnética.

Fonte:

[www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromag.htm)

Cite três aplicações que você conhece no seu dia a dia que utilizam ondas eletromagnéticas.

4. Complete os espaços abaixo:

As ondas eletromagnéticas se propagam no \_\_\_\_\_, transportando \_\_\_\_\_ e não matéria.

5. A radiação eletromagnética depende de meio material para ser transportada? Você pode nos ajudar justificando sua resposta?

6. A radiação solar está ativamente presente em nosso dia a dia. Relacione os itens abaixo com as características do espectro da radiação solar citadas mais abaixo:

Aquecimento ( );

Luminosidade ( );

Ardência e queimadura na pele ( );

Bronzeamento da pele ( ).

Características:

1 - Espectro visível;

2 - Radiação UVA;

3 - Radiação infravermelha;

4 - Radiação UVB.

## APÊNDICE 5 – Questionário 3

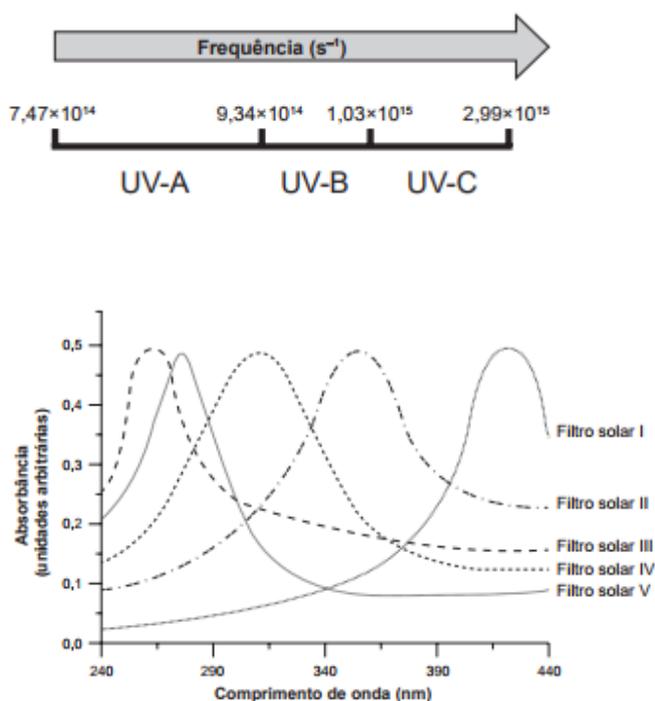
Colégio Estadual Prof. Hamilton Alves Rocha

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Aluno (a):

Turma:

1. A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura 4.25. Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros (Figura 4.26) de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



Considere: velocidade da luz =  $3,0 \times 10^8$  m/s e  $1 \text{ nm} = 1,0 \times 10^{-9}$  m.  
O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o:

- b) V      b) IV      c) III      d) II      e) I.

2. (UCS Vestibular de Verão 2011)

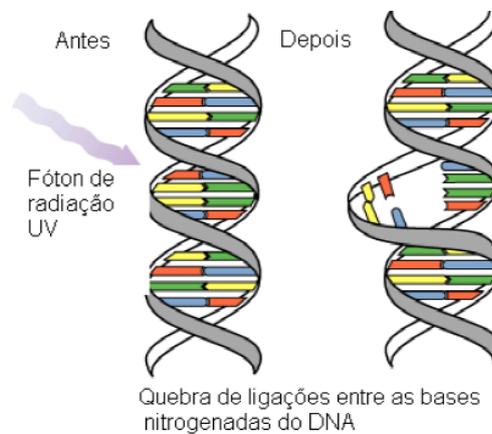
Muito se comenta a respeito dos efeitos nocivos dos raios ultravioletas do Sol. Comparando-os aos raios violeta, que não são considerados nocivos, qual diferença encontramos?

- a) A radiação ultravioleta possui comprimento de onda menor.

- b) A radiação ultravioleta possui comprimento de onda maior.
- c) A radiação violeta (visível) se propaga mais rápido no vácuo.
- d) A radiação violeta (visível) se propaga mais lentamente no vácuo.
- e) A frequência do ultravioleta fica num valor intermediário entre a frequência do azul e a do violeta.

3. (Qconcurso.com 2015).

Os raios ultravioletas, que são emitidos pelo Sol e por lâmpadas junto com o espectro visível, são classificados pelo seu comprimento de onda. A radiação UV é dividida em três categorias, conforme o seu comprimento de onda: UVA (315-400 nm), UVB (290-315 nm) e UVC (100-290 nm). Os raios UV interagem diretamente com o DNA, podendo provocar sérias alterações nos seres vivos (eritemas, bronzeamento, diminuição da resposta imunológica, indução do câncer de pele etc.)



A ordem crescente de energia das radiações UVA, UVB e UVC são, respectivamente.

- a) UVB < UVA < UVC.
- b) UVC < UVB < UVA.
- c) UVA < UVC < UVB.
- d) UVA < UVB < UVC.
- e) UVC < UVA < UVB.

## 4. (ENEM 2017)



A faixa espectral da radiação solar que contribui fortemente para o efeito mostrado na tirinha é caracterizada como:

- a) Visível.
- b) Amarela.
- c) Vermelha.
- d) Ultravioleta.
- e) Infravermelha.

## APÊNDICE 6 – Tabelas com quantitativos das respostas dos questionários

**Tabela 4.2** Quantitativos dos resultados para o Questionário 1

Questões	Correta	Parcialmente correta	Incorreta	Sem resposta	Total
1	23	8	4	0	35
2	22	8	3	2	35
3	30	4	1	0	35
4	21	9	3	2	35
5	16	14	5	0	35
6	13	17	1	4	35
<b>Total</b>	<b>125</b>	<b>60</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>210</b>

Fonte: Dados do estudo.

**Tabela 4.3.** Quantitativos dos resultados para o Questionário 2

Questões	Correta	Parcialmente correta	Incorreta	Sem resposta	Total
1	9	6	2	0	18
2	10	5	1	2	18
3	13	3	1	1	18
4	8	9	1	0	18
5	4	7	7	0	18
6	9	5	4	0	18
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>35</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>108</b>

Fonte: Dados do estudo.

**Tabela 4.4.** Quantitativos dos resultados para o Questionário 3.

Questões	Correta	Incorreta	Sem resposta	Total
1	14	4	0	18
2	15	3	0	18
3	7	11	0	18
4	14	4	0	18
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>22</b>	<b>0</b>	<b>72</b>

Fonte: Dados do estudo.

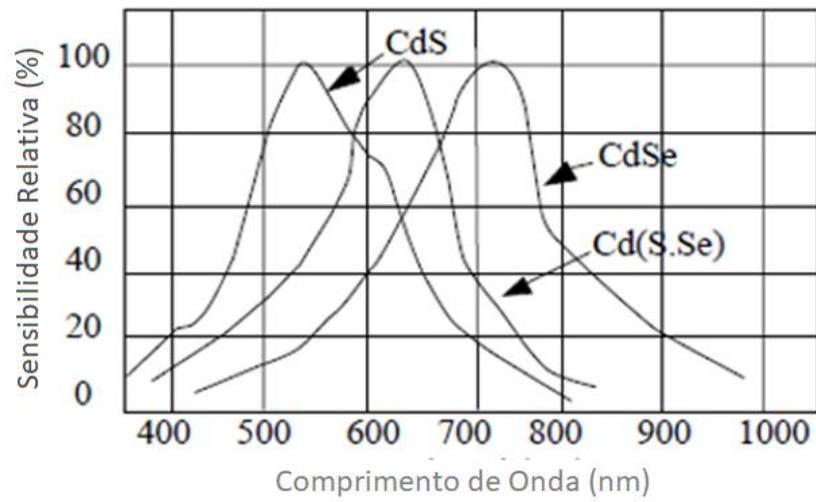
## APÊNDICE 7 – O LDR

O resistor dependente de luz ou LDR (Light Dependent Resistor), conhecido também como célula fotocondutiva ou ainda fotoresistor, é um dispositivo fotossensível que sofre uma variação em sua resistência elétrica quando variamos a intensidade da luz que incide sobre ele.

Um semicondutor dispõe de um pequeno número de portadores de carga na sua banda condução em temperaturas ambientes. Quando ocorre a incidência de luminosidade sobre o fotoresistor cuja energia dessa luz seja superior a energia de gap do semicondutor, ocorre a geração de novos portadores de cargas em função da transição de elétrons da banda de valência para banda de condução.

Esse processo, portanto, resulta num aumento da condutividade elétrica do dispositivo promovendo, com isso, uma menor resistência elétrica. A diminuição da resistência elétrica também depende do comprimento de onda da radiação que o atinge. A esse efeito é dado o nome de fotocondutividade. A resistência mínima ou de saturação ocorre quando o LDR é exposto a iluminação intensa. Ao cessar a incidência de luz sobre o LDR, os elétrons retornam à camada de valência e a resistência do material volta a aumentar. Em ambiente com ausência total de luz, a resistência elétrica do LDR pode chegar a milhões de ohms.

Esses componentes são normalmente fabricados com materiais semicondutores com propriedades especiais, como o sulfeto de cádmio (CdS), o seleneto de cádmio (CdSe) e o seleneto de sulfeto de cádmio Cd(SSe). O gráfico de resposta espectral de um LDR depende do material utilizado na sua construção, portanto, é possível verificar qual comprimento de onda incidente é mais adequado para se utilizar através de sua maior sensibilidade relativa. A maioria das fotoresistências opera no espectro visível e no infravermelho ou ainda a luz ultravioleta, que demanda uma maior energia. A figura abaixo mostra o gráfico de sensibilidade em relação ao comprimento de onda da luz de alguns tipos de LDR que contém cádmio. A sensibilidade do LDR de cádmio na região do ultravioleta fica em torno de 20% como mostra o gráfico.



Fonte: Adaptado de TOKEN ELETRONICS CdS Photoresistors, LDR Light Dependent Resistor (PGM). acesso em: 12 set. 2019.

## APÊNDICE 8 – Materiais para montagem do espectrofotômetro

A tabela 3.3 apresenta a descrição dos materiais e componentes para a montagem do espectrofotômetro com os respectivos valores e quantidades.

**Tabela 3.3.** Materiais para o espectrofotômetro.

Item	Descrição	Quantidade	Valor (R\$)
01	Fonte de alimentação com saída 9 ou 12V e capacidade nominal de corrente elétrica DC de até 1000 mA.	01	15,00
02	Conectores tipo bornes para conexão dos terminais do multímetro e da fonte de alimentação.	04	4,00
03	Chave liga-desliga tipo alavanca.	01	3,00
04	Resistor de 470 ohms para manter a tensão constante em 3,2 V para alimentar o LED UVA.	01	1,00
05	Caixa elétrica de passagem em PVC com dimensões aproximadas de 15x17x7 cm que servirá como câmara escura.	01	18,00
06	LDR (Resistor Dependente de Luz)	01	4,00
07	LED 375 nm	01	1,20
08	Multímetro	01	20,00
09	Suporte para o LED e LDR. Puxadores plásticos para box.	02	2,00
10	Fio 14 AWG flexível ou similar. Sugestão: Usar fios de sucata de reatores de lâmpadas fluorescentes.	30 cm	1,00
11	Lâminas em vidro com 3 mm de espessura com dimensões aproximadas de 5 x 7 cm	05	3,00
	<b>Total</b>		72,20

## APÊNDICE 9 – Tabela de medidas para fotoprotetores

Tabela para registrar valores de Resistência, transmitância e absorção através da Lei de Beer ( $T = I/I_0$ , sendo que:  $\%T = 100.T$ ), convertida para nosso caso em função da relação inversa entre radiação incidida e a resistência provocada sobre o LDR.

Tabela 3.2. Valores relativos para transmitância.

Valores	Sem Amostra		Com Amostra		
	Sem porta-amostra ( $I_0$ )	Com porta-amostra (I)	Fotoprotetor 1 (I)	Fotoprotetor 2 (I)	Creme Hidratante (I)
Resistência ( $\Omega$ )					
Transmitância (%)					
Absorção (%)					

## APÊNDICE 10 – Tabela de medições por equipe

**Tabela 10.1** – Dados de resistência (R), transmitância (T) e absorção relativa (A\*) obtidos pelas equipes.

Equipe	Sem Amostra						Com Amostra								
	Sem porta - amostra Valores de Referência			Com porta - amostra			Protetor Solar						Hidratante		
	R. ( $\Omega$ )	T (%)	A* (%)	R. ( $\Omega$ )	T (%)	A* (%)	1			2			R. ( $\Omega$ )	T (%)	A* (%)
R. ( $\Omega$ )							T (%)	A* (%)	R. ( $\Omega$ )	T (%)	A* (%)				
1	6.800	100	0	7.500	92	8	13.250	51	41	8.500	80	10	7.900	86	6
2	6.800	100	0	7.250	94	6	10.200	67	27	24.000	28	66	7.500	90	4
3	7.000	100	0	7.600	92	8	11.200	62	30	18.200	38	54	8.300	84	8
4	6.900	100	0	7.500	92	8	12.700	54	38	25.200	27	65	7.500	92	0
5	7.000	100	0	7.500	93	7	17.800	40	53	44.000	16	67	7.700	90	3
6	6.500	100	0	6.950	94	6	10.600	61	33	20.000	32	62	7.500	87	7
7	6.900	100	0	7.500	92	8	10.700	64	28	45.000	15	77	7.400	93	0

*Absorção na amostra\* = 100 % – Transmitância (%) na amostra – absorção no porta - amostra (%).*

**Nota:** A seguir, temos a tabela 2 dividida em duas partes, porém, mantendo a primeira coluna com a indicação das equipes. O objetivo da divisão foi para facilitar a leitura e entendimento.

**Primeira parte da tabela 10.1 (Sem Amostra)**

<i>Equipes</i>	<i>Sem Amostra</i>					
	<i>Sem porta - amostra Valores de Referência</i>			<i>Com porta - amostra</i>		
	<i>R. (<math>\Omega</math>)</i>	<i>T (%)</i>	<i>A* (%)</i>	<i>R. (<math>\Omega</math>)</i>	<i>T (%)</i>	<i>A* (%)</i>
<i>1</i>	<i>6.800</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>7.500</i>	<i>92</i>	<i>8</i>
<i>2</i>	<i>6.800</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>7.250</i>	<i>94</i>	<i>6</i>
<i>3</i>	<i>7.000</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>7.600</i>	<i>92</i>	<i>8</i>
<i>4</i>	<i>6.900</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>7.500</i>	<i>92</i>	<i>8</i>
<i>5</i>	<i>7.000</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>7.500</i>	<i>93</i>	<i>7</i>
<i>6</i>	<i>6.500</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>6.950</i>	<i>94</i>	<i>6</i>
<i>7</i>	<i>6.900</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>7.500</i>	<i>92</i>	<i>8</i>

### Segunda parte da tabela 10.1 (Com Amostra)

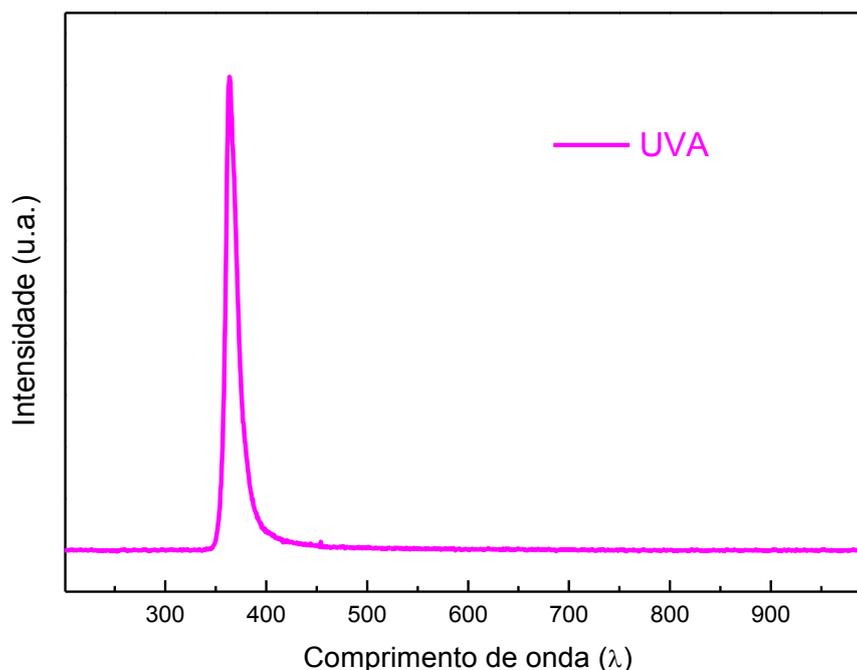
<i>Equipes</i>	<i>Com Amostra</i>								
	<i>Protetor Solar</i>						<i>Hidratante</i>		
	<i>1</i>			<i>2</i>					
<i>R. (Ω)</i>	<i>T (%)</i>	<i>A* (%)</i>	<i>R. (Ω)</i>	<i>T (%)</i>	<i>A* (%)</i>	<i>R. (Ω)</i>	<i>T (%)</i>	<i>A* (%)</i>	
<i>1</i>	<i>13.250</i>	<i>51</i>	<i>41</i>	<i>8.500</i>	<i>80</i>	<i>10</i>	<i>7.900</i>	<i>86</i>	<i>6</i>
<i>2</i>	<i>10.200</i>	<i>67</i>	<i>27</i>	<i>24.000</i>	<i>28</i>	<i>66</i>	<i>7.500</i>	<i>90</i>	<i>4</i>
<i>3</i>	<i>11.200</i>	<i>62</i>	<i>30</i>	<i>18.200</i>	<i>38</i>	<i>54</i>	<i>8.300</i>	<i>84</i>	<i>8</i>
<i>4</i>	<i>12.700</i>	<i>54</i>	<i>38</i>	<i>25.200</i>	<i>27</i>	<i>65</i>	<i>7.500</i>	<i>92</i>	<i>0</i>
<i>5</i>	<i>17.800</i>	<i>40</i>	<i>53</i>	<i>44.000</i>	<i>16</i>	<i>67</i>	<i>7.700</i>	<i>90</i>	<i>3</i>
<i>6</i>	<i>10.600</i>	<i>61</i>	<i>33</i>	<i>20.000</i>	<i>32</i>	<i>62</i>	<i>7.500</i>	<i>87</i>	<i>7</i>
<i>7</i>	<i>10.700</i>	<i>64</i>	<i>28</i>	<i>45.000</i>	<i>15</i>	<i>77</i>	<i>7.400</i>	<i>93</i>	<i>0</i>

*Absorção na amostra\* (100 % – Transmitância (%) na amostra – absorção no porta - amostra (%)).*

## APÊNDICE 11 – Análises dos LEDs UVA 363 nm e 375 nm

- **LED UVA 363 nm**

A figura 11.1 mostra Análise gráfica do Diodo Emissor de Luz (LED) cuja faixa espectral varia de 350 a 410 nm, com intensidade máxima em 363 nm, utilizado na aplicação do produto.

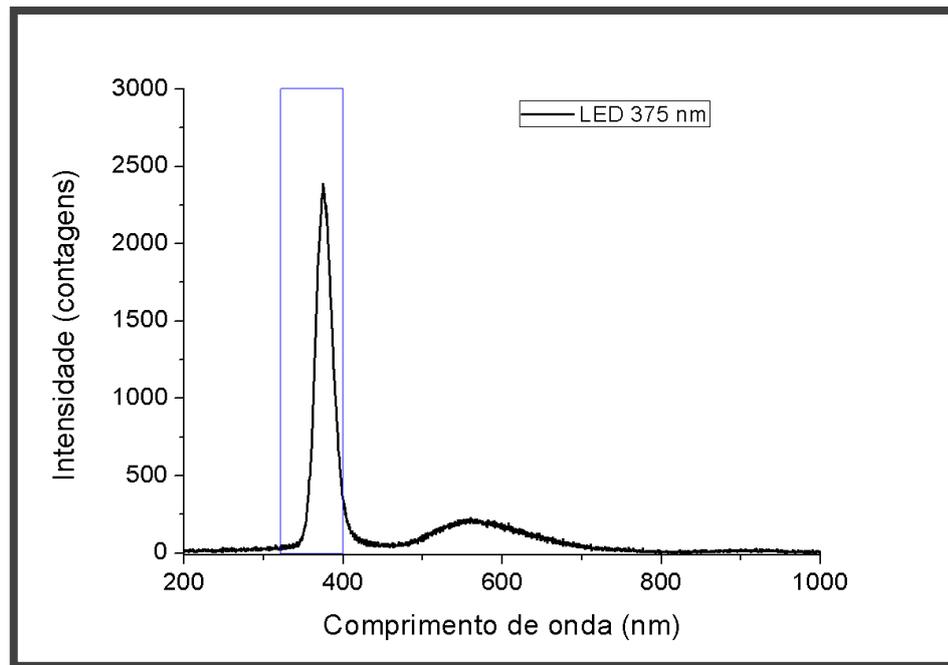


**Figura 11.1.** Análise gráfica do LED 363 nm.  
Fonte: Autoria própria.

LED analisado no espectrofotômetro modelo Ocean Optics HR 2000, fabricante EletronicTest. Pertencente ao Departamento de Física da Universidade Federal de Sergipe. Análise realizada em 10 de julho de 2018.

- **LED UVA 375 nm**

A figura 11.2 mostra a análise gráfica do Diodo Emissor de Luz (LED) cuja faixa espectral varia de 350 a 410 nm, aproximadamente, com intensidade máxima em 375 nm. Esse tipo de LED fica proposto para ser utilizado na aplicação do produto por estar disponível em sites de compras.



**Figura 11.2.** Análise gráfica do LED 375 nm.  
Fonte: Autoria própria.

- LED analisado no espectrofotômetro modelo Ocean Optics HR 2000, fabricante EletronicTest. Pertencente ao Departamento de Física da Universidade Federal de Sergipe. Análise realizada em 11 de julho de 2019.
- Adquirido através do site de compras EBAY. Fornecedor SAR Vanheang. Data da compra: 30.04.2019

## APÊNDICE 12 – Comparativo entre os LEDs 363 nm e 375 nm

Análise comparativa entre os LED's de 363 nm e 375 nm, realizada nos dois espectrofotômetros construídos na SD, usando a mesma fonte de alimentação para os espectrofotômetros e os mesmos fotoprotetores, 1 e 2, respectivamente, têm os mesmos resultados para as duas análises e para a do creme hidratante aplicado em três únicos porta-amostras. Todos esses cuidados foram tomados para evitar distorções de valores. As tabelas abaixo mostram valores de transmitância e absorção para os LED's de 363 nm e 375 nm.

Tabela 12.1 Valores de análise para o LED de 363 nm.

Valores	Sem Amostra		Com Amostra		
	Referência	Com porta-amostra	Fotoprotetor 1	Fotoprotetor 2	Creme Hidratante
Resistência ( $\Omega$ )	7.000	7.500	17.000	10.700	7.900
Transmitância (%)	100	93	41	65	87
Absorção (%)	0	7	59	35	13

Tabela 1285

2 Valores de análise para o LED de 375 nm.

Valores	Sem Amostra		Com Amostra		
	Referência	Com porta-amostra	Fotoprotetor 1	Fotoprotetor 2	Creme Hidratante
Resistência ( $\Omega$ )	900	950	2.000	1.350	1000
Transmitância (%)	100	94	45	67	91
Absorção (%)	0	6	55	33	9

A análise verificou que a utilização de LED's de diferentes comprimentos de onda, desde que emitam radiação na região do UVA, os resultados são coerentes, ou seja, há uma compatibilidade entre os valores de transmitância e a absorção para os dois tipos de LED usando a mesma substância fotoprotetora e não fotoprotetora.

## APÊNDICE 13 – Descritivo para montagem do espectrofotômetro

### Procedimentos para a montagem do espectrofotômetro:

- ***Escolha e preparação da caixa***

A escolha da caixa é importante, pois deve dispor de dimensões suficientes para permitir o movimento das mãos. Ver dimensões da caixa na lista de materiais (Apêndice 08). Geralmente, caixas elétricas de passagem em PVC (**ver figura 13.1 e 13.2**) contêm vias que permitem a adaptação para o perfeito encaixe dos suportes. A tampa da caixa deve permitir também uma boa vedação para evitar a entrada de luz ambiente no momento da medição para que não haja interferência nos resultados.



**Figuras 13.1 e 13.2** Detalhe da caixa para encaixe dos suportes para LED e LDR.

Fonte: Autoria própria.

A furação da caixa para fixação dos bornes de alimentação do LED, da conexão do multímetro ao LDR e da chave liga-desliga podem ser feitos com furadeira em baixa rotação ou mesmo manualmente com uma ferramenta perfurante. As **figuras 13.3 e 13.4**, respectivamente, mostram alguns materiais, ferramentas, componentes e acessórios, utilizados na confecção do espectrofotômetro.



**Figura 13.3.** Materiais e ferramentas para perfurações na caixa. **Figura e 13.4** Componentes utilizados no espectrofotômetro.  
Fonte: Autoria própria.

O furo no suporte de plástico para fixação do LED emissor de luz pode ser feito com uma ferramenta perfurante, de modo que o diâmetro coincida com o diâmetro da cápsula do LED para que o encaixe fique justo. O LDR deve ser fixado em outro suporte, porém, na mesma posição em que foi fixado o LED, para que possam ficar alinhados, de frente um para o outro. **A figura 13.5** mostra com detalhe a furação nos suportes.

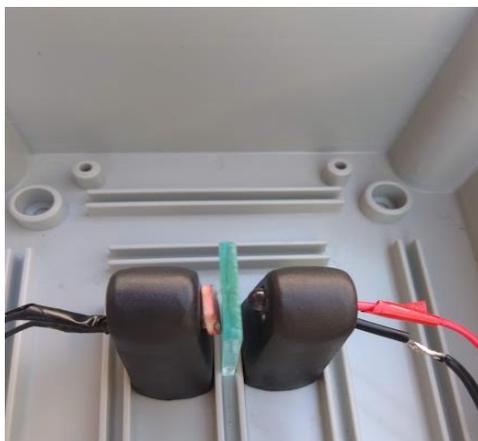


**Figura 13.5** Suportes com furações para posicionamento do LED e LDR.  
Fonte: Autoria própria.

A fiação da alimentação elétrica para o LED e o LDR pode ser embutida no interior do suporte ou passar por fora, preso a uma fita. Os suportes devem ser fixados com parafusos na base da caixa de PVC para garantir maior fixação quando o aprisionamento nos encaixes (vias) da caixa não seja suficiente.

- **Montagem e teste do circuito elétrico**

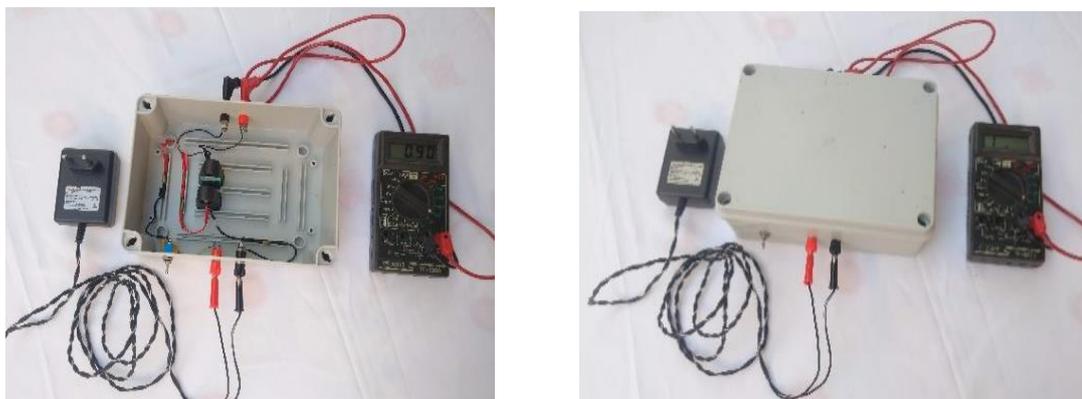
Um resistor de 470 ohms deve ser ligado no polo positivo do LED para garantir uma tensão de alimentação de aproximadamente 3,3 v. A distância entre os suportes de fixação do LED e do LDR deve ser mínima suficiente para manter os dois componentes bem próximos, de maneira que permita o encaixe do porta-amostra de vidro sem que este toque em um dos componentes eletrônicos. A **figura 13.6** mostra o posicionamento ideal do porta-amostra entre os suportes para o LED e LDR.



**Figura 13.6** Posicionamento do porta-amostra entre os suportes do LED e LDR.  
Fonte: Autoria própria.

Em seguida, deve-se proceder com as conexões entre fios e componentes através de conectores de encaixe rápido. Sugere-se que a conexão de uma das extremidades dos fios com os pontos de entrada da chave liga-desliga, dos bornes e demais componentes devem ser feitas com solda de estanho (solda fria) para garantir uma maior segurança e a conexão da outra extremidade do fio para ligação entre os componentes pode ser feita com os conectores tipo encaixe rápido. Ao final, alimentar o circuito com 12 v através de uma fonte retificada e segura e verificar a ocorrência de variação do valor da resistência no LDR em função da variação da luminosidade ambiente, a fim de observar se todas as

conexões e componentes estão funcionando. As **figuras 13.7 e 13.8** mostram o espectrofotômetro pronto para o teste.

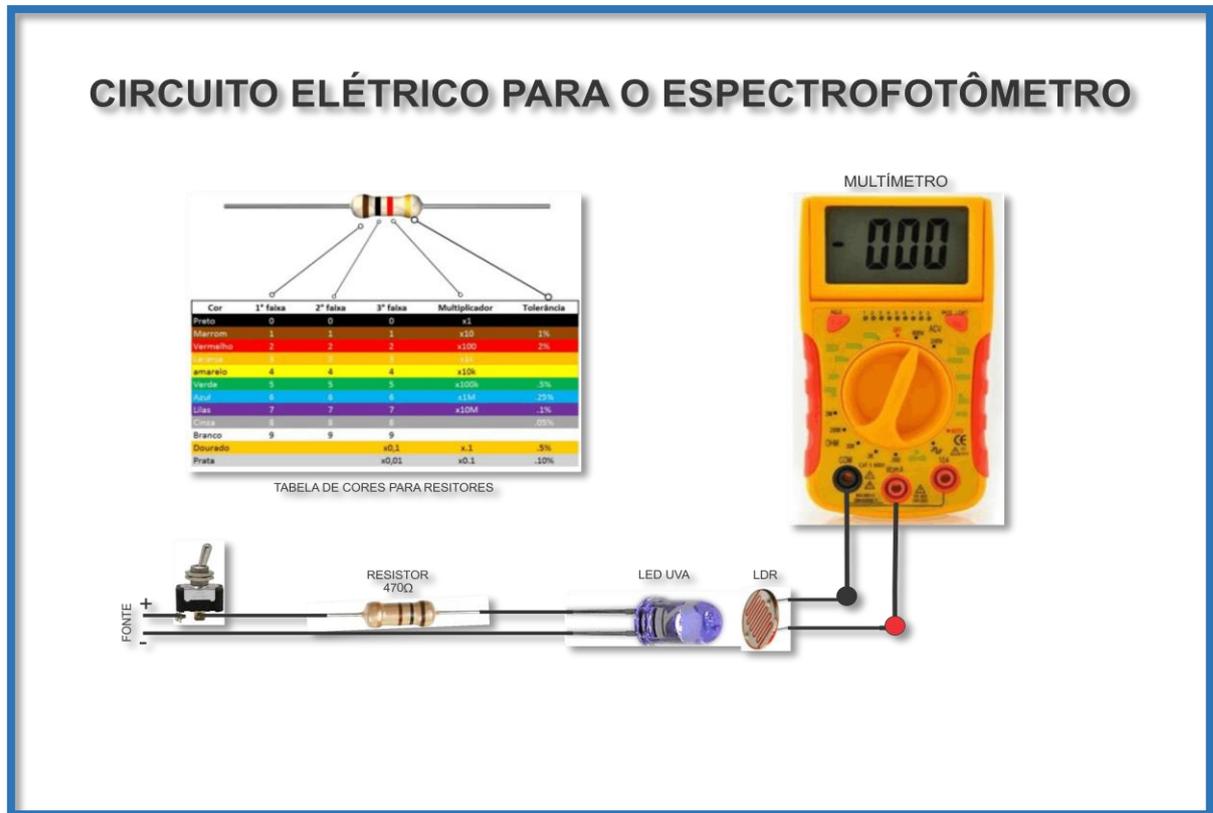


**Figura 13.7 e 13.8** Caixa montada e pronta para o teste.

Fonte: Autoria própria.

Lembrando que fica opcional ao professor disponibilizar no kit as caixas com a chave e os bornes já fixados para evitar rompimento dos pontos de solda em função do manuseio pelos alunos. Sugere-se, ainda, caso o professor detenha habilidades para tal, disponibilizar sempre de ferro de solda e demais materiais necessários para um possível reparo durante a prática da montagem.

## APÊNDICE 14 – Imagem circuito elétrico para espectrofotômetro



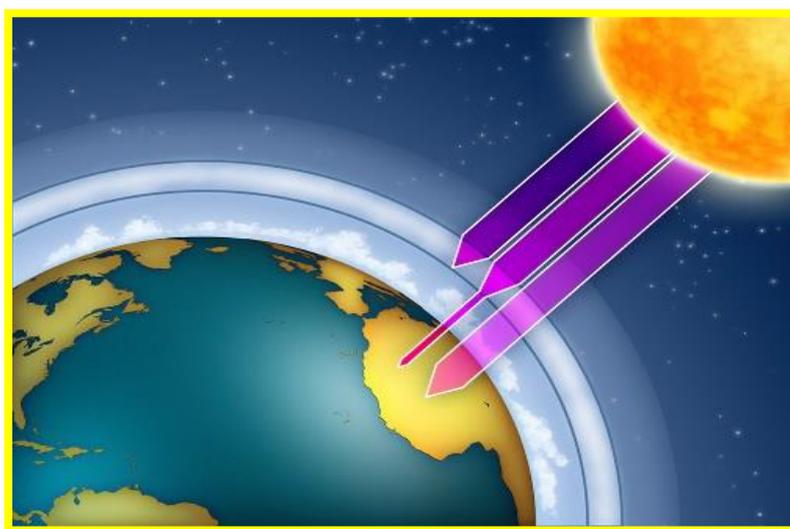
## **APÊNDICE 15 – PRODUTO EDUCACIONAL**

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

# Produto Educacional



**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM  
EM FÍSICA SOBRE RADIAÇÕES SOLARES  
DO TIPO ULTRAVIOLETA E FOTOPROTEÇÃO**

**ANTONIO CARLOS DE OLIVEIRA**

São Cristóvão  
Dezembro de 2019

## APRESENTAÇÃO

Caro professor,

O Produto Educacional aqui apresentado é fruto do trabalho de dissertação sob a orientação da professora Divanília do Nascimento Souza, do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Física (MNPEF), polo 11, da Universidade Federal de Sergipe. O título da dissertação que motivou este produto é “SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ABORDAGEM EM FÍSICA SOBRE RADIAÇÕES SOLARES DO TIPO ULTRAVIOLETA E FOTOPROTEÇÃO”.

Este produto está pautado em uma Sequência Didática (SD) para a aprendizagem do Espectro de Emissão da Radiação de Ondas Eletromagnéticas, em especial as radiações ultravioletas sua interação com algumas matérias e interferência na saúde do homem. Além disso, foi direcionado para alunos do terceiro ano do Ensino Médio, considerando o conteúdo programático para essa série e seus pré-requisitos.

A SD está composta por um conjunto de atividades que são: Apresentação de slides e vídeo, explanação de conteúdo, aplicação de questionários, montagem de espectrofotômetros artesanais e medidas de transmitância e absorção da RUV em fotoprotetores.

A Sequência Didática proposta para este produto pode ser desenvolvida em cinco encontros, com cada encontro composto por duas aulas, no total de 10 aulas. O tempo aproximado para cada aula previsto para esse produto foi de 35 minutos, tempo tomado com base na aplicação do produto. Os encontros representam momentos que variam em quantidade de acordo com as atividades programadas. Caso o professor disponha de aulas com duração de 45 ou 50 minutos, por exemplo, ele pode reorganizar a distribuição da Sequência Didática em função do tempo disponível, reduzindo o número de encontros ou aulas, desde que sejam mantidos o objetivo e o aproveitamento de cada encontro.

O método utilizado para a aplicação da Sequência está baseado numa abordagem Ciência, Sociedade e Tecnologia (CTS), com temas relacionados às radiações, em particular as radiações solares do tipo ultravioleta, considerando

suas interferências na saúde das pessoas, incluindo os riscos, benefícios e cuidados que devem ser tomados para proteção contra os riscos relacionados à exposição a esse tipo de radiação, além das tecnologias envolvidas. Serão também considerados os conhecimentos já existentes nos alunos, provenientes da sua vivência seja na escola, em casa ou no seu convívio social, donde o aluno absorve informações sobre fenômenos naturais que, de maneira direta ou indireta, interferem e influenciam na vida das pessoas. Portanto, a nossa proposta é relacionar todo esse conjunto de conhecimentos e traços da formação cultural já existente nos alunos aos conceitos da Física envolvidos nesses fenômenos.

Na Sequência Didática, é prevista uma abordagem sobre ondas eletromagnéticas e suas características (comprimento de onda e frequência), espectro de emissão da radiação eletromagnética, considerações conceituais sobre a energia do fóton e interação da radiação com a matéria. São apresentados também os procedimentos da montagem de um espectrofotômetro artesanal com materiais de fácil aquisição para ser utilizado em experimentação com os alunos, de modo a avaliar o grau de transmitância de materiais fotoprotetores.

O professor poderá conduzir as discussões de modo a estimular o máximo possível a interação com os alunos. Com isso, espera-se que as atividades da Sequência Didática motivem debates em sala. Pretende-se, portanto, de maneira objetiva e prática, fazer deste produto uma ferramenta acessível e factível aos colegas professores que queiram aplicá-lo em suas aulas.

Antonio Carlos de Oliveira

## Sumário

1 DISTRIBUIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA POR ETAPAS.....	v
1.1 Encontro 1 - Sobre a radiação violeta e seus efeitos.....	v
1.2 Encontro 2 – Ondas eletromagnéticas e o espectro de emissão da radiação .....	xi
1.3 Encontro 3 – Conceito de energia e atuação dos fotoprotetores.....	xix
1.4 Encontro 4 - O Espectrofotômetro, seus componentes e construção.....	xxiv
1.5 Encontro 5 – Medidas com fotoprotetores.....	xxxi
2 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	xxxviii

## 1. DISTRIBUIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA POR ETAPAS

O quadro a seguir apresenta um resumo da sequência didática, com a descrição das atividades de cada momento dos encontros, o objetivo desses momentos e o tempo previsto para a execução deles.

Encontro/ Momento	Atividade	Objetivo	Duração prevista
1/1	Imagens e Vídeo sobre radiações UVA e UVB e debate sobre o vídeo.	Relacionar conhecimentos do cotidiano do aluno sobre a RUV aos conceitos físicos elementares.	20 min.
1/2	A radiação solar.	Conhecer características da radiação solar sobre a terra.	15 min.
1/3	Aplicação do questionário 1 e debate sobre as questões.	Relacionar os conhecimentos prévios aos conceitos apresentados.	35 min.
2/1	Revisão sobre ondas e espectro eletromagnético.	Apresentar características das diferentes bandas de emissão da radiação eletromagnética.	45 min.
2/2	Aplicação do questionário 2 e debate.	Verificar e aprimorar o conhecimento sobre o espectro eletromagnético.	25 min.
3/1	Conceitos sobre energia.	Apresentar o conceito de energia.	30 min.
3/2	Como os fotoprotetores atuam?	Conhecer a interação entre o fotoprotetor e a RUV.	20 min.
3/3	Aplicação do questionário 3 e debate.	Verificar e aprimorar o conhecimento sobre o espectro eletromagnético.	20 min.
4/1	O espectrofotômetro e seus componentes.	Conhecer elementos e aplicações do espectrofotômetro.	20 min.
4/2	Montagem do protótipo do espectrofotômetro.	Conhecer a elaboração e o funcionamento do espectrofotômetro.	50 min.
5/1	Medidas com fotoprotetores e debate e discussões finais.	Realizar medidas para verificar a interação da RUV com o fotoprotetor.	70 min.

**Quadro 1.** Resumo dos Encontros.

### 1.1 Encontro 1 – Sobre a radiação ultravioleta e seus efeitos

Sugere-se ao professor reservar um momento antes do início da aplicação do produto para um diálogo com os alunos sobre a proposta e seus objetivos,

etapas, conceitos físicos, aspectos sociais envolvidos e metodologia aplicada. Sugere-se, ainda, uma troca de comentários com os alunos para que eles possam falar das expectativas para o novo trabalho.

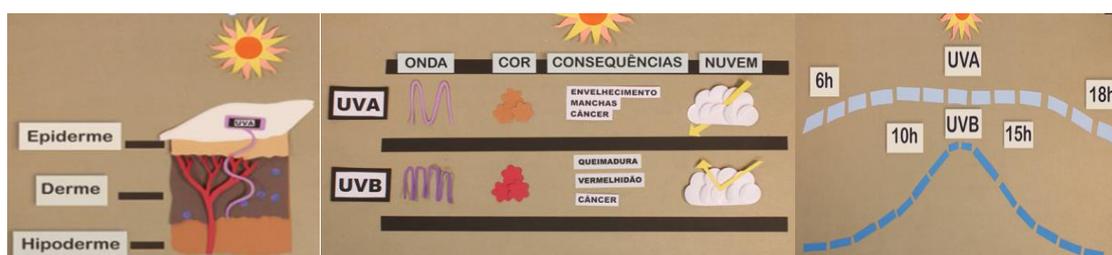
No primeiro encontro, serão dois objetivos específicos a seguir: o primeiro é identificar nos alunos, de modo geral, ideias e conhecimentos adquiridos no cotidiano através dos meios de comunicação e da escola; o segundo é torná-los capazes de apresentar seus conhecimentos e dúvidas através dos debates, aprimorando seus conhecimentos sobre o tema abordado.

### Planejamento do 1º Encontro – Duração 70 min.

#### **1º momento: Apresentação do vídeo e debate – 20 min.**

Inicialmente, é apresentado o vídeo “A importância do filtro solar”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QY57UcEZAB4&t=39s>. Com esse vídeo com duração de 4 min, o professor poderá apresentar informações elementares sobre as características das radiações UVA e UVB e as intervenções dessas radiações nas diferentes camadas da pele, como efeitos benéficos e maléficos, além de identificar as radiações (UVA e UVB) que causam ardência, queimaduras e bronzeamento. O vídeo apresenta ainda, outros malefícios e benefícios da radiação solar sobre a pele, orientação quanto às instruções relativas ao Fator de Proteção Solar (FPS) constantes no rótulo das embalagens dos protetores, alguns acessórios que diminuem os efeitos à exposição dessas radiações e horários diários de maior e menor incidência das radiações.

A **figura 1** mostra algumas capturas de imagens do vídeo apresentado.



**Figura 1.** Penetração e características da UV.

Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=QY57UcEZAB4&t=39s>.

O vídeo não apresenta, necessariamente, informações embasadas em conceitos físicos mais aprofundados sobre a radiação ultravioleta, mas apresenta uma noção sobre algumas características físicas e faz um alerta sobre os riscos das radiações solares para a saúde e a importância do uso do protetor solar para minimizar os efeitos da radiação. Portanto, o vídeo propõe uma abordagem que relaciona Ciência, Tecnologia e Sociedade, de modo a atrair a atenção do aluno e estimulá-lo a relacionar seus conhecimentos adquiridos na disciplina de Física do segundo ano e nas informações obtidas no cotidiano.

Vale ressaltar que, por se tratar de um vídeo de acesso público disponível na internet, existe a possibilidade de ficar indisponível a qualquer momento, portanto pode ser substituído por outro vídeo de conteúdo e tempo de duração semelhantes.

### **Debate com comentários e perguntas sobre o vídeo**

O objetivo dessa discussão é gerar um vínculo com os alunos para despertar um maior interesse no decorrer de toda a sequência e observar a relação entre as informações transmitidas pelo vídeo e as informações já existentes nos alunos, bem como a visão crítica sobre o tema, em especial a conscientização sobre os riscos das radiações ultravioleta sobre a saúde do homem.

Inicialmente, pode ser solicitado aos alunos que façam comentários sobre as informações vistas no vídeo e que, espontaneamente, comentem ou façam perguntas sobre o tema abordado.

Seguem alguns pontos relevantes tratados no vídeo que podem ser explorados no debate com os alunos:

- Principais diferenças físicas entre as radiações UVA e UVB;
- Interações dessas radiações sobre a pele humana;
- Diferentes camadas da pele atingida pela RUV;
- Benefícios e malefícios da radiação solar sobre a pele;
- Quais radiações provocam os diferentes efeitos na pele, como ardência e bronzeamento;

- Importância do uso do protetor solar e de acessórios que diminuem os efeitos das radiações solares (RUV);
- Orientação quanto à escolha do Fator de Proteção Solar (FPS), a partir de informações constantes nos rótulos das embalagens dos protetores solares (fotoprotetores);
- Horários diários de maior e menor incidência das radiações.

Algumas perguntas que podem ser lançadas durante o debate.

- ✓ Quais os diferentes efeitos causados pelas radiações UVA e UVB, respectivamente?
- ✓ Por que usar o protetor solar?
- ✓ O fator de proteção solar (FPS) tem relação com a radiação UVA ou somente com a UVB?
- ✓ Já perceberam que na praia, mesmo na sombra, é possível ficar com a pele “avermelhada” e até pegar um bronze?
- ✓ Alguém já teve os braços bronzeados quando expostos ao sol, mesmo usando camisa de manga longa?
- ✓ Qual a diferença entre bronzeamento natural e artificial?

A partir dessa discussão, o professor poderá observar melhor reação dos alunos causadas pelas informações transmitidas pelo vídeo em relação as informações vivenciadas na discussão.

## **2º momento: Breve abordagem sobre radiação solar – 15 min.**

O objetivo desse momento é ampliar as informações sobre o sol com dados mais específicos, como a radiação solar incidente sobre a terra e seus efeitos. Apresentação de imagens e textos curtos com informações sobre a radiação solar, seus efeitos sobre a camada terrestre, percentuais de incidência da RUV em relação às demais radiações, percentuais entre a UVA e a UVB, o papel da camada de ozônio, a absorção e reflexão da radiação nas nuvens e em diversas superfícies terrestres, como areia, neve, geleiras, água, matas, cidades

e outros. É importante também tratar brevemente sobre o ângulo Zenital e sua interferência na intensidade da radiação solar sobre a Terra.

### **3º momento: Aplicação do questionário 1 e debate – 35 min.**

O objetivo desse questionário (Apêndice 3) é fazer o registro do conhecimento dos alunos sobre os temas até o momento abordados e dos conhecimentos que os alunos trazem do cotidiano, bem como dos conhecimentos adquiridos nas séries anteriores, ou seja, verificar os conhecimentos já existentes nos alunos sobre os riscos decorrentes da exposição aos raios solares, além da importância do uso do protetor solar.

#### **Alguns pontos tratados nas questões:**

- Diferentes tipos de radiações emitidas pelo sol e suas interferências na saúde do homem;
- Obstáculos para as radiações, em particular as ultravioletas;
- O significado de FPS (Fator de Proteção Solar) apresentado nos protetores solares, como são aplicados e seu efeito restrito à radiação UVB;
- Quais fatores naturais reduzem a incidência da radiação UVA e UVB sobre a Terra.

Esse questionário exige uma escrita mais contextualizada por parte dos alunos. Os últimos quinze minutos (aproximadamente) do momento podem ser utilizados para um debate sobre o questionário, em que os alunos podem comentar sobre suas respostas e ampliar as informações.

## **QUESTIONÁRIO 1**

- 1) *Hoje você conheceu um pouco mais sobre as radiações UVA e UVB. Você pode comentar uma diferença entre essas duas radiações?***

Comentário: Tem como objetivo estimular os alunos a manifestarem seus conhecimentos adquiridos no cotidiano através dos veículos de comunicação, fazendo uma associação com as informações contidas no vídeo e nas discussões em sala ocorridas após a apresentação do vídeo. Não há nessa questão a intenção de avaliar, necessariamente, o nível de conhecimento sobre os conceitos físicos.

- 2) ***Os meios de comunicação através de campanhas de conscientização tentam convencer as pessoas sobre os cuidados que devem ter com a pele e com os olhos diante das radiações solares, principalmente nos momentos de maior intensidade. Qual faixa do espectro de emissão da radiação solar pode gerar riscos à saúde? Cite um problema causado por essa radiação sobre o ser humano.***

Comentário: Essa questão colabora na verificação da capacidade do aluno em diferenciar os tipos de radiações emitidas pelo sol e qual radiação tem interferência benéfica ou maléfica na saúde do homem. Um dos vieses desta dissertação é o senso crítico-social relacionado ao tema das RUV, que entra como uma das bases para a construção dos conceitos físicos. Dessa forma, pretende-se criar uma relação entre o conhecimento prévio do aluno e as informações passadas e discutidas nos dois momentos anteriores.

- 3) ***Podemos observar em nosso dia a dia que algumas pessoas tentam se proteger do sol usando blusas de manga longa, chapéus, óculos e outros acessórios com indicação sobre a proteção contra as radiações ultravioleta. Você acredita que roupas normais como as que estamos vestindo, sombreros (sombrinhas e guarda-chuva ou guarda-sol), óculos falsificados e outros são capazes de proteger sua pele e seus olhos das radiações UV? Comente sua afirmativa.***

Comentário: A proposta dessa questão é verificar se o aluno tem o entendimento de que a radiação ultravioleta não pode ser barrada por qualquer tipo de obstáculo e verificar se há um conflito muito comum entre os alunos, de relacionar a ação da RUV com a ação da luminosidade solar, ou seja, confundir a RUV com a radiação visível.

- 4) ***De que maneira os fotoprotetores agem na proteção da pele contra as radiações ultravioleta?***

Comentário: O objetivo dessa questão é verificar o conhecimento dos alunos principalmente quanto às informações passadas nas atividades anteriores e nas informações do cotidiano do aluno e, ainda, despertar sobre a existência de fatores que promovem uma ação específica dos fotoprotetores diante da incidência das RUV.

- 5) ***Sobre o fator de proteção solar (FPS), o que representam os números (10, 15, 30, 40...) que aparecem nas embalagens dos cremes protetores solares?***

Comentário: Essa questão tem como objetivo discutir sobre o FPS (Fator de Proteção Solar), uma sigla muito usada quando se fala em fotoprotetor, porém seu verdadeiro sentido não é traduzido corretamente. Essa questão buscou conhecer o grau de discernimento dos alunos quanto à aplicação do fator de proteção solar, importante para as etapas seguintes sobre o papel do FPS e sua relação com a UVB.

**6) Sobre a radiação Ultravioleta, responda:**

- a) *Em dias nublados, devemos abrir mão do uso do protetor solar e de óculos com proteção contra RUV?*
- b) *A não incidência direta da luz solar sobre a pele garante o bloqueio das radiações ultravioleta? Comente suas respostas.*

Comentário: Questão elaborada com o objetivo de identificar nos alunos conhecimentos sobre informações passadas no vídeo a respeito do bloqueio parcial que a radiação sofre ao passar pelas nuvens e ainda sobre a reflexão e refração da luz.

**Planejamento do 2º encontro – 70 min.****1.2 Encontro 2 – Ondas eletromagnéticas e Espectro de emissão da radiação**

Esse encontro tem como objetivo fazer uma revisão dos conceitos sobre ondas eletromagnéticas e espectro de emissão das radiações eletromagnéticas, fundamentais para a aplicação das próximas etapas desta SD.

Esse encontro pode ser suprimido da SD caso o conteúdo sobre o tema citado já tenha sido aplicado e caso o professor julgue como não necessário.

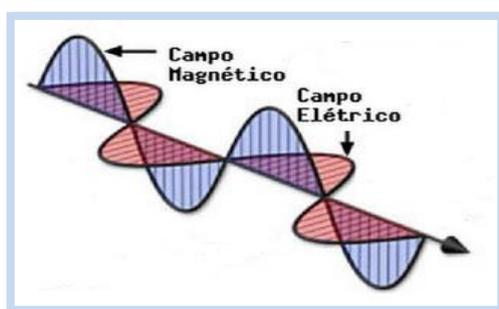
**1º momento: Revisão sobre ondas eletromagnéticas e espectro de emissão da radiação – 45 min.**

Apresentar, utilizando a ferramenta PowerPoint ou similar, imagens e textos que contemplem conceitos e aplicações sobre as ondas eletromagnéticas como, frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, energia, reflexão e refração da luz. Pode-se utilizar uma folha impressa como material de apoio em que constem as informações apresentadas. Esse material poderá também servir de apoio na resolução do questionário na próxima etapa.

**A onda eletromagnética**

Segundo Maxwell, a partir de um dipolo elétrico oscilante, temos um campo magnético (CM) variável, gerando um campo magnético induzido, bem

como um campo elétrico (CE) variável que gera um campo magnético induzido, como ocorre nas antenas, ou por meio do salto de elétrons entre diferentes camadas orbitais. Entre algumas das suas aplicações estão o rádio, a televisão, as telecomunicações em geral, os aparelhos de raios X etc. (STEFANOVITS, 2013).



**Figura 2.** Oscilação dos campos elétrico e magnético de uma onda eletromagnética. Fonte: <https://asofrequencias.webnode.pt/news/ondas-electromagneticas/>. Acesso em: 10 dez. 2019.

A velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no vácuo foi proposta por Maxwell através da equação:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (1)$$

Nessa equação, se conhece  $\epsilon_0$  como a permissividade elétrica do vácuo:  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$ , e  $\mu_0$  como a permeabilidade magnética no vácuo:  $\mu_0 = 1,26 \times 10^{-6} \frac{T.m}{A}$ . Portanto, substituindo os valores de  $\epsilon_0$  e de  $\mu_0$  em (2.1), encontramos a velocidade:  $c = 3,0 \times 10^8 \frac{m}{s}$ , valor igual ao da velocidade da luz no vácuo. Tal resultado levou Maxwell a concluir que radiação luminosa é também uma onda eletromagnética.

A distância entre dois pontos correspondentes do campo elétrico e na mesma correspondência no campo magnético de uma mesma onda é chamada de comprimento de onda, representada pela letra grega lambda ( $\lambda$ ).

$$\lambda = c.T \quad (2)$$

Período (T) é o intervalo de tempo necessário para a onda percorrer um ciclo completo equivalente ao seu comprimento da onda e tem como unidade pelo S.I. o segundo (s) e pode ser dado como o inverso da frequência. Portanto, frequência (f) é o número de ciclos realizados por uma onda no intervalo de tempo de um segundo e pode ser dado pelo inverso do período.

$$f = \frac{1}{T} \quad (3)$$

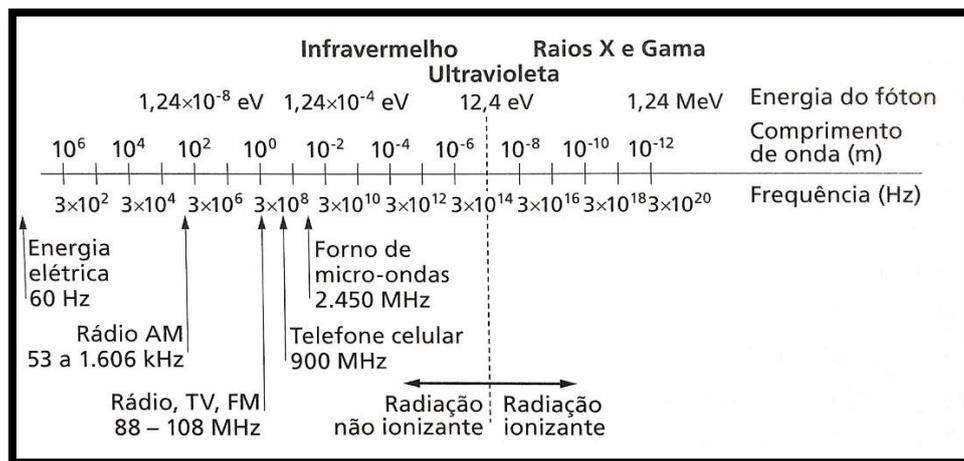
Substituindo 2.2 em 2.3, obtemos a equação fundamental da ondulatória:

$$c = \lambda \cdot f \quad (4)$$

As unidades de comprimento de onda usadas para as ondas eletromagnéticas com valores de  $\lambda$ , na ordem de grandeza pequena, são o angstrom (Å) e o micron ( $\mu$ ), onde:  $1\mu = 10^{-6}$  m e  $1 \text{ \AA} = 10^{-9}$  m (TIPLER; MOSCA, 2009).

### O espectro eletromagnético

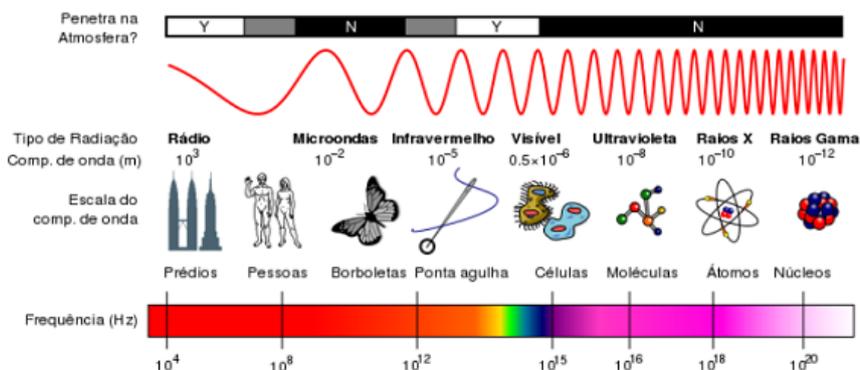
À classificação por banda de frequência e comprimento da radiação eletromagnética é dado o nome de espectro eletromagnético. Todas as ondas eletromagnéticas que constituem esse espectro de radiação propagam-se no vácuo com a velocidade da luz ( $c = 3,0 \times 10^8$  m/s) (HALLIDAY; RESNICK, 2012). A **figura 1.3** mostra o espectro eletromagnético com valores de energia, comprimento de onda e frequência.



**Figura 3.** Espectro Eletromagnético.

Fonte: OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Física das radiações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. Acesso em: 16 ago. 2019.

A **figura 4** mostra no espectro eletromagnético uma relação de proporcionalidade relativa entre comprimento de onda e frequência.



**Figura 4.** Espectro Eletromagnético ilustrativo.

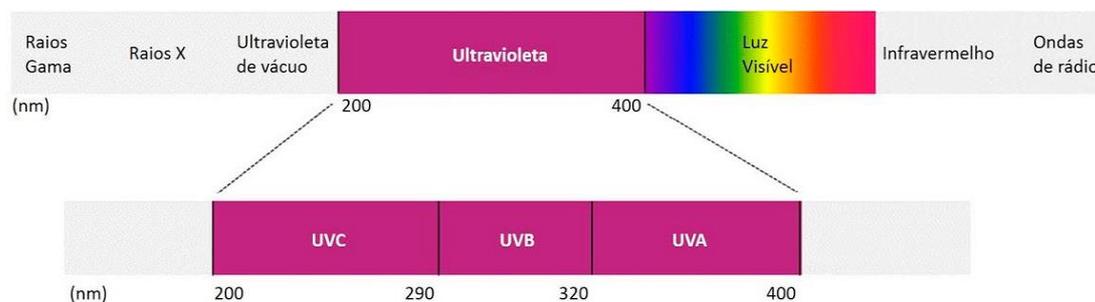
Fonte:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Espectro\\_Eletromagn%C3%A9tico.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Espectro_Eletromagn%C3%A9tico.png).  
Acesso em: 16.08.2019.

Com base na figura acima, iniciando da direita para esquerda, em seqüência, com as radiações de maior frequência, temos:

- ✓ **Raios gama:** Possuem alta energia e são gerados quase sempre por elementos radioativos através das reações no núcleo do átomo. São utilizados no tratamento contra células doentes em dosagens extremamente pequenas e controladas (STEFANOVITS, 2013).

- ✓ **Raios X:** Na medicina essa radiação tem ampla aplicação, por exemplo em diagnósticos como fraturas, tumores e outros, através de radiografias e tomografias, e pode também ser usada como forma de tratamento (STEFANOVITS, 2013).
- ✓ **Raios ou radiação ultravioleta (RUV):** Também chamada de luz negra, cuja principal fonte geradora é o sol (STEFANOVITS, 2013).



**Figura 5.** Região do espectro abrangida pela radiação ultravioleta.

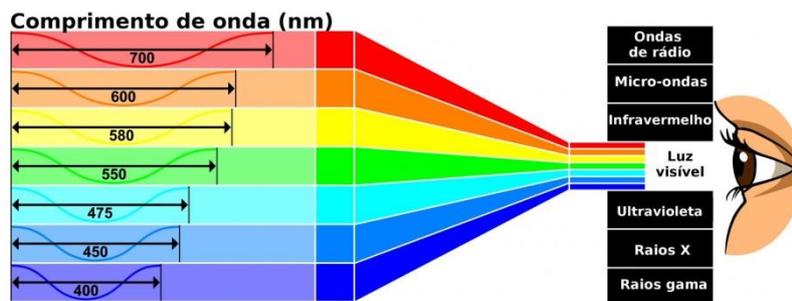
Fonte: <https://www.dermatologiaesaude.com/images/eletromagnetico.jpg>. Acesso em: 18 ago. 2019.

A radiação ultravioleta tem diversas aplicações, como eliminação de bactérias em ambientes como salas cirúrgicas, ambientes para armazenamento de produtos esterilizados e outros.

Os efeitos das radiações UV sobre a pele estão atrelados a alguns fatores, tais como comprimentos de onda dessas radiações, características intrínsecas da pele, tempo de exposição ao sol, horário da exposição, clima da região, estação do ano e altitude (FLOR, DAVOLO; CORREA, 2007).

A radiação ultravioleta atinge o DNA portador das informações genéticas da célula e interage com ele, atingindo o material genético e comprometendo a capacidade de imunidade da pele (RANGARAJAN; ZATS, 2003).

- ✓ **Radiação visível:** É a única faixa de luz que os seres humanos podem enxergar. Composta por apenas uma estreita faixa do espectro, localizada entre o infravermelho e o ultravioleta. A **figura 6** mostra a faixa de comprimento de onda que o olho humano é capaz de observar (STEFANOVITS, 2013).



**Figura 6.** Região da luz visível.

Fonte: <https://brasile scola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm>. Acesso em 18 ago. 2019.

- ✓ **Radiação infravermelha:** Possui frequência menor que a última da faixa do visível; por esse motivo, não pode ser percebida pelo olho humano. Muito utilizada em equipamentos de visão noturna, controles remotos, sensores de segurança e outros. Gerada pelas vibrações moleculares com oscilações em cargas elétricas que constituem o átomo, por isso são também chamadas de ondas de calor (STEFANOVITS, 2013).
- ✓ **Micro-ondas:** As micro-ondas têm maior frequência que as ondas de rádio, portanto conseguem transportar uma maior quantidade de informações no mesmo intervalo de tempo. Por esse motivo, são usadas na transmissão entre satélites e a Terra. Algumas aplicações das micro-ondas são os radares utilizados na localização de aeronaves e navios e no mapeamento terrestre e marítimo. Uma aplicação muito comum é na fabricação de fornos de micro-ondas (STEFANOVITS, 2013).
- ✓ **Ondas de rádio:** São mais comumente utilizadas em transmissões radiofônicas e telecomunicações, mas também em satélites meteorológicos e controles remotos. As principais fontes geradoras desse conjunto de onda são as emissoras de rádio, a TV e o sol (STEFANOVITS, 2013).

## **2º momento: Aplicação do segundo questionário e debate – 25 min.**

O questionário 2 (ver Apêndice 4) tem o objetivo de verificar nos alunos o grau de conhecimentos sobre ondas eletromagnéticas e espectro de emissão da radiação solar, importantes para a próxima etapa da SD, que trata da interação das ondas eletromagnéticas das RUV nos dispositivos fotoprotetores.

Ondas eletromagnéticas, normalmente, é um tema em que os alunos apresentam dificuldades de abstração, portanto, nesse questionário, a relação do tema com o cotidiano dos alunos aparece de modo mais discreto por se tratar de fenômenos físicos “invisíveis” aos olhos, apesar de seus efeitos estarem intensamente presentes na vida de todos. A seguir, será apresentado o questionário 2.

Alguns pontos tratados nas questões:

- Diferentes características entre ondas mecânicas e eletromagnéticas;
- Quais elementos definem a separação das faixas espectrais, como comprimento de onda e frequência;
- Fatores relacionados aos diferentes níveis de energia das faixas espectrais;
- Características das diferentes radiações do espectro.

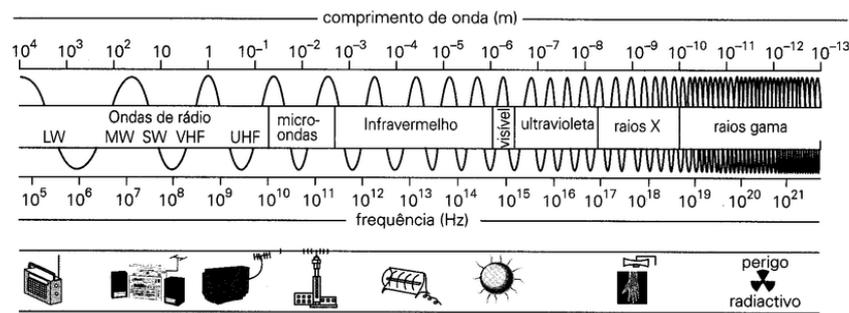
## QUESTIONÁRIO 2

- 1) ***Alguns elementos fazem parte do estudo das ondas, como: frequência, período, comprimento de onda, amplitude, velocidade e meio de propagação. Esses conceitos são comuns para as ondas mecânicas e eletromagnéticas. Quais as principais características diferem esses dois tipos de ondas? Comente sua resposta.***

Comentário: Questão clássica que busca verificar o entendimento do aluno quanto às principais características das ondas eletromagnéticas. A solicitação para o comentário da resposta tem a função de permitir ao aluno que ele complemente a sua resposta com informações que julgue necessário, podendo ser em relação aos conceitos físicos ou ainda em relação a fatores do cotidiano.

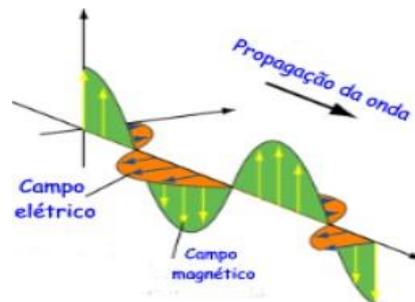
- 2) ***Quais dos três elementos: frequência, período ou amplitude, definem e classificam as bandas do espectro de emissão da radiação eletromagnética? Como complemento, faça um esboço da onda representando esses principais elementos.***

Comentário: Uma questão relativamente simples que busca criar de maneira consistente o entendimento do aluno sobre os elementos que definem a separação e a classificação das raias espectrais, fundamental para a compreensão dos diferentes efeitos e níveis de energia do espectro. A figura pode auxiliar na visualização dos alunos quanto à relação de proporção inversa entre frequência e comprimento de onda e quanto à distribuição e classificação das raias espectrais.



Fonte: [www.researchgate.net/figure/Figura-1-Espectro-eletromagnético-Fonte-Ref-10\\_fig1\\_262651351](http://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Espectro-eletromagnético-Fonte-Ref-10_fig1_262651351).

- 3) **As radiações eletromagnéticas são compostas por dois campos defasados entre si em 90°, um campo elétrico e um campo magnético, como mostra a figura abaixo:**



Fonte:

[www.rc.unesp.br/showdefisica/99\\_Explor\\_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromagn.htm](http://www.rc.unesp.br/showdefisica/99_Explor_Eletrizacao/paginas%20htmls/Ondas%20eletromagn.htm)

**Cite três aplicações que você conhece no seu dia a dia que utilizam ondas eletromagnéticas.**

Comentário: Questão simples com o objetivo de verificar o entendimento dos alunos sobre as aplicações das ondas eletromagnéticas no cotidiano, seja nos meios tecnológicos, seja na própria natureza. A figura pode auxiliar o aluno na idealização da resposta.

- 4) **Complete os espaços abaixo:**  
**As ondas eletromagnéticas se propagam no \_\_\_\_\_, transportando \_\_\_\_\_ e não matéria.**

Comentário: Comumente, muitos alunos compreendem o termo “transportar”, aplicado ao conceito de energia, como o transporte de algo material. A questão tem o objetivo de colaborar no aprendizado do aluno sobre o modo de propagação das ondas eletromagnéticas.

- 5) **A radiação eletromagnética depende de meio material para ser transportada? Você pode nos ajudar justificando sua resposta?**

Comentário: Questão complementar à anterior (Questão 4) com o objetivo de verificar e colaborar nos alunos o conhecimento sobre o modo de propagação das ondas eletromagnéticas e sua independência com o meio material.

**6) A radiação solar está ativamente presente em nosso dia a dia. Relacione os itens abaixo com as características do espectro da radiação solar citadas mais abaixo:**

**V. Aquecimento ( );**

**VI. Luminosidade ( );**

**VII. Ardência e queimadura na pele ( );**

**VIII. Bronzeamento da pele ( ).**

**Características:**

**a- Espectro visível;**

**b- Radiação UVA;**

**c- Radiação infravermelha;**

**d- Radiação UVB.**

Comentário: Questão simples com o objetivo de ajudar o aluno no entendimento e discernimento entre as características e os efeitos das diferentes radiações do espectro.

## **Debate sobre o questionário**

O questionário pode ser disponibilizado em PowerPoint ou outros formatos e aberta uma discussão sobre as questões. Esse debate permite ao aluno revisar suas respostas, melhorando o aprendizado.

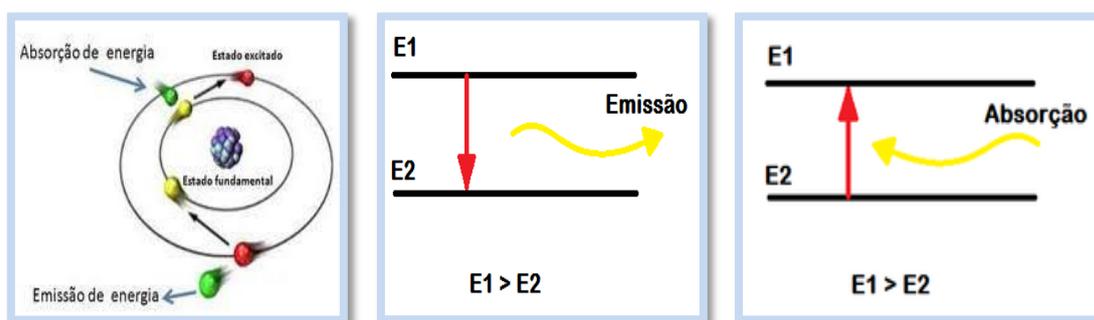
## **Planejamento do 3º encontro – 70 min.**

### **1.3 Encontro 3 – Conceito de energia e atuação dos fotoprotetores**

Nesse encontro, o professor pode abordar tópicos sobre energia, suas diversas formas, fontes geradoras, transformações, elementos, fórmulas e outros, sempre de modo contextualizado e buscando relações com o cotidiano. Além disso, é importante apresentar elementos químicos presentes na composição dos fotoprotetores, responsáveis pela interação com a radiação ultravioleta.

### 1º momento: Conhecendo os conceitos de energia – 30 min.

Utilizar PowerPoint e folha impressa para ser entregue aos alunos com texto e questões. Devem ser abordados tópicos sobre energia, como diversas formas da energia, fontes geradoras, transformações de unidade, fórmulas, níveis de energia, a constante de Planck, cálculo da frequência e da energia em função do comprimento de onda, além de questões para serem resolvidas em sala de aula. As imagens (Figuras 7, 8 e 9) abaixo consecutivamente, ou outras imagens com esse contexto, podem ser apresentadas com o objetivo de ajudar os alunos na compreensão sobre a transição de fótons entre diferentes níveis energéticos.

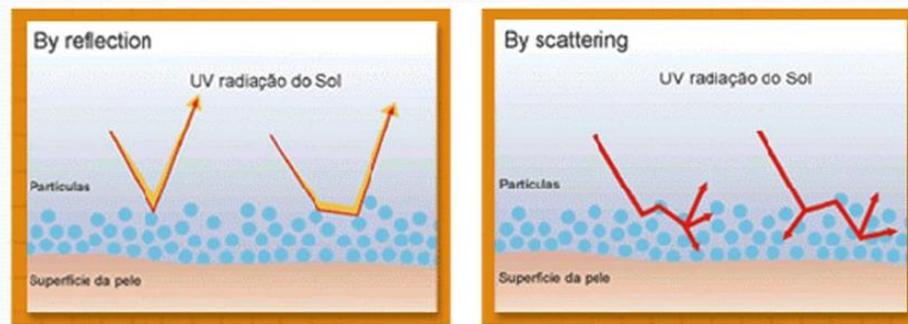


**Figura 7.** Absorção e emissão de energia. **Figura 8.** Absorção de energia. **Figura 9.** Emissão de energia.

Fonte: <https://www.infoescola.com/quimica/explicacao-em-bohr-para-o-teste-da-chama/>. Acesso em: 12 out. 2019.

### 2º momento: Como os fotoprotetores atuam – 20 min.

Utilizando recursos midiáticos, apresentar conceitos elementares sobre o processo de filtração e/ou bloqueio físico e químico da radiação ultravioleta nos fotoprotetores, através dos componentes químicos utilizados e da interação entre a radiação em função do comprimento de onda e da matéria, a radiação UV. A **figura 10** pode ser apresentada dentre outras imagens para ilustrar o conteúdo, mostrando o comportamento da RUV sobre fotoprotetores. A imagem da esquerda mostra a atuação por reflexão ou efeito físico através do dióxido de titânio e óxido de zinco e a imagem da direita mostra a atuação da absorção e da reflexão parcial.



**Figura 10.** Reflexão e espalhamento da RUV pelo fotoprotetor.  
 Fonte: <https://www.slideshare.net/COMASTRI/fotoprotetor>.

### 3º momento: Aplicação de questionário 3 e debate – 20 min.

O questionário 3 (ver Apêndice 5) contém quatro questões objetivas de múltipla escolha, visando explorar informações mais voltadas aos conceitos físicos relacionados às energias das RUV. Sugere-se ao professor acrescentar o número de questões relativas ao tema caso julgue necessário.

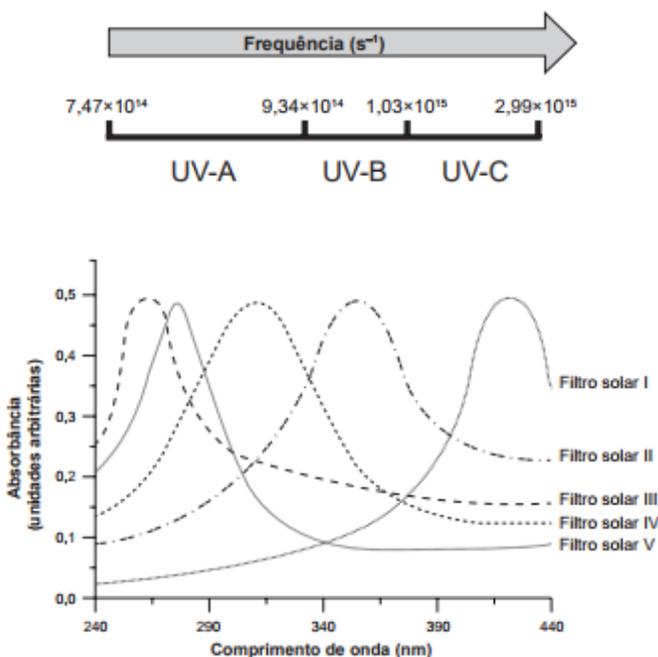
Alguns pontos tratados nas questões:

- Identificação das subfaixas da RUV em função do comprimento de onda;
- Identificação de características físicas da RUV em função do comprimento de onda;
- Identificação da ordem crescente de energia das RUV em função de alguns efeitos sobre a pele;
- Características das diferentes radiações do espectro em função de alguns efeitos sobre os seres vivos.

## QUESTIONÁRIO 3

### Questão 1

A radiação ultravioleta (UV) é dividida, de acordo com três faixas de frequência, em UV-A, UV-B e UV-C, conforme a figura a seguir. Para selecionar um filtro solar que apresente absorção máxima na faixa UV-B, uma pessoa analisou os espectros (**figura 1.11**) de absorção da radiação UV de cinco filtros solares:



Considere: velocidade da luz =  $3,0 \times 10^8$  m/s e  $1 \text{ nm} = 1,0 \times 10^{-9}$  m.  
O filtro solar que a pessoa deve selecionar é o:

- a) V      b) IV      c) III      d) II      e) I.

**Comentário:** Essa questão tem por objetivo incentivar o aprendizado do aluno quanto à relação entre o comprimento de onda e a radiação UVA, UVB e UVC a que esse comprimento de onda está relacionado, permitindo ao aluno o entendimento quanto à escolha de um filtro solar (fotoprotetor) em função da máxima intensidade do comprimento de onda da UVB apresentado.

**Questão 2.** (UCS Vestibular de Verão 2011)

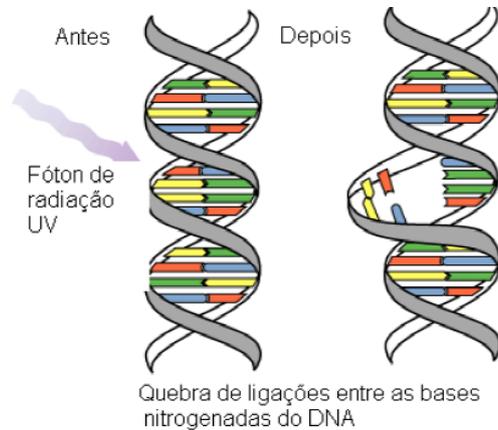
Muito se comenta a respeito dos efeitos nocivos dos raios ultravioletas do Sol. Comparando-os aos raios violeta, que não são considerados nocivos, qual diferença podemos encontrar?

- A radiação ultravioleta possui comprimento de onda menor.
- A radiação ultravioleta possui comprimento de onda maior.
- A radiação violeta (visível) se propaga mais rápido no vácuo.
- A radiação violeta (visível) se propaga mais lentamente no vácuo.
- A frequência do ultravioleta fica num valor intermediário entre a frequência do azul e a do violeta.

**Comentário:** Estimular no aluno o interesse pelo conhecimento quanto à percepção das diferenças nas características físicas entre uma radiação que pode ser prejudicial à saúde do homem e outra radiação solar não prejudicial à saúde do homem. Essa questão faz uma abordagem sobre o lado nocivo da RUV, portanto trata de uma importante relação social envolvendo as radiações UV e a saúde do homem, em sintonia com uma das principais propostas desse produto.

**Questão 3** (Qconcurso.com 2015).

Os raios ultravioletas, que são emitidos pelo Sol e por lâmpadas junto com o espectro visível, são classificados pelo seu comprimento de onda. A radiação UV é dividida em três categorias, conforme o seu comprimento de onda: UVA (315-400 nm), UVB (290-315 nm) e UVC (100-290 nm). Os raios UV interagem diretamente com o DNA, podendo provocar sérias alterações nos seres vivos (eritemas, bronzeamento, diminuição da resposta imunológica, indução do câncer de pele etc.)



A ordem crescente de energia das radiações UVA, UVB e UVC são, respectivamente:

- UVB < UVA < UVC.
- UVC < UVB < UVA.
- UVA < UVC < UVB.
- UVA < UVB < UVC.
- UVC < UVA < UVB.

**Comentário:** Essa questão tem o objetivo de estimular o aluno a compreender a ordem energética do espectro da radiação em função do comprimento de onda e frequência.

**Questão 4.** (ENEM 2017)

DAVIS, J. Disponível em: <http://garfield.com>. Acesso em: 15 ago. 2014.

A faixa espectral da radiação solar que contribui fortemente para o efeito mostrado na tirinha é caracterizada como:

- Visível.
- Amarela.
- Vermelha.
- Ultravioleta.
- Infravermelha.

**Comentário:** Questão com o objetivo de verificar o entendimento dos alunos sobre os efeitos das diferentes faixas do espectro da radiação solar sobre os seres vivos.

## **Debate sobre o questionário**

O objetivo desse debate é promover, entre os alunos, um compartilhamento de informações apresentadas nas questões e uma maior interação entre os colegas. Durante o debate, os alunos comentaram situações do cotidiano relacionadas à questão.

### **Planejamento para o 4º encontro – 70 min.**

#### **1.4 Encontro 4 – O Espectrofotômetro, seus componentes e construção**

Esse encontro tem o objetivo de motivar os alunos a conhecerem um pouco mais sobre as tecnologias que envolvem um espectrofotômetro profissional e sua importância para a pesquisa científica.

Além disso, esse encontro marca a transição na sequência didática da aplicação deste produto, encerrando uma fase mais baseada em abordagens sobre conceitos físicos e vivências do cotidiano do aluno, para um conjunto de atividades com elaborações práticas, no entanto embasadas em toda discussão teórica apresentada. Pode ainda gerar importante expectativa e motivação nos alunos para as próximas etapas.

#### **Primeiro Momento – O espectrofotômetro e seus componentes**

- **O Espectrofotômetro**

Através de recursos midiáticos, apresentar imagens e textos, com conceitos sobre o espectrofotômetro de uso profissional, seu princípio básico de funcionamento, aplicações e exemplos de como o espectrofotômetro pode ajudar nas análises das interferências das radiações sobre a matéria.

Os equipamentos eletrônicos específicos que registram a intensidade da radiação em função da interação da energia com a matéria são conhecidos como espectrômetros ou espectrofotômetros, e se denominam conforme a região da frequência em que operam suas fontes de luz. Por exemplo, se uma fonte

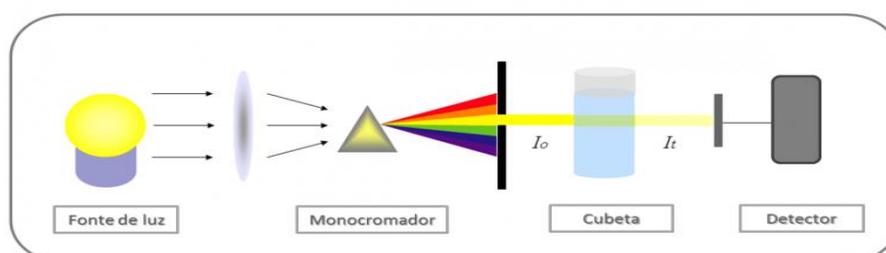
ultravioleta é usada, a técnica é denominada por espectroscopia ultravioleta. Caso a radiação seja infravermelha, é conhecida por espectroscopia no infravermelho, bem como na região do visível, e assim por diante. São diversas as aplicações para o espectrofotômetro, como exemplo, mensurar elementos adicionados a uma droga e medir o crescimento bacteriano de uma amostra. A **figura 11** apresenta um espectrofotômetro de uso profissional.



**Figura 11.** Espectrofotômetro.

Fonte: <https://www.lojabunker.com.br/Espectrofotometro-UV-VIS-190-a-1100nm1>. Acesso em: 05 out. 2018.

A **figura 12** apresenta um esquema óptico com os principais elementos de um espectrofotômetro, perfazendo o caminho do feixe de luz da radiação emitida.



**Figura 12.** Esquema óptico dos principais elementos de um espectrofotômetro.

Fonte: <https://kasvi.com.br/espectrofotometria-principios-aplicacoes/>. Acesso em: 23 set. 2019.

- **Componentes básicos do Espectrofotômetro a ser construído**

O objetivo desse momento é fazer com que os alunos tenham a oportunidade de manusear e conhecer melhor algumas características físicas dos componentes para montagem do protótipo do espectrofotômetro, que toma como base uma fonte de luz com comprimento de onda conhecido, no caso um

LED UV, um resistor sensível à variação da luz (LDR), multímetro, fonte elétrica e outros. Deve ser dado um maior detalhamento sobre o funcionamento do LED UV e do resistor LDR por se tratar de componentes não muito comuns.

A seguir, será feita a descrição dos componentes.

- **O LDR (Resistor Sensível à Variação de Luminosidade)**

Apresentar, usando o recurso PowerPoint ou similar, a relação de proporcionalidade inversa entre o resistor sensível à luminosidade (LDR) e o nível de incidência luminosa a que ele é exposto. A resistência elétrica do resistor sensível à luminosidade (LDR) é inversamente proporcional ao nível de incidência luminosa a que ele é exposto, podendo chegar a milhões de ohms quando a incidência da luz é mínima ou apresentar valores da ordem de dezenas de ohms para intensidade luminosa alta.

Mostrar, também, que no espectrofotômetro o LDR tem a função de receber a radiação emitida pelo LED e enviar para o multímetro, valores de variação da sua resistência. A **figura 13** mostra um LDR convencional utilizado em pequenos circuitos elétricos, do tipo que será utilizado na montagem dos espectrofotômetros, composto por material semicondutor, geralmente o sulfeto de cádmio (CdS).



**Figura 13.** Resistor sensível à luminosidade (LDR).

Fonte: <https://www.ebay.com/itm/4PCS-12mm-Light-Sensitive-Dependent-Resistor-CDS-LDR-Photoresistor-12528-GL12528-/192113579043>.

- **O LED (Diodo Emissor de Luz)**

Com o auxílio do PowerPoint ou similar, apresentar o LED e suas diversas vantagens frente a outras fontes de luz, como baixa tensão e corrente de operação (o que garante uma maior segurança aos usuários), dimensões reduzidas, não gera energia térmica, tem baixo custo, entre outras. O LED a ser utilizado na construção do espectrofotômetro como fonte de radiação apresenta um comprimento de onda contido na faixa espectral do ultravioleta A (UVA) que varia de 350 nm a 410 nm. O LED apresentado tem intensidade máxima no comprimento de onda de 375 nm (ver análise no Apêndice 11). A **figura 14** ilustra um LED UVA.



**Figura 14.** Diodo Emissor de Luz (LED).

Fonte: <https://www.adafruit.com/product/1793>. Aceso em: 05 out. 2018.

Nota: O LED de comprimento de onda 375 nm, ou seja, valor cuja intensidade de emissão é máxima dentro da sua faixa de emissão que vai de 350 nm a 410 nm. Trata-se de um dispositivo muito específico com disponibilidade para aquisição relativamente restrita. Para aquisição do LED UVA de 375 nm, ver informações no apêndice 9.

O professor poderá apresentar fisicamente os demais componentes integrantes para a construção do espectrofotômetro, como resistores, conexões para fios, bornes para engates de entrada da fonte de alimentação e para o multímetro, chave liga-desliga e outros, caso julgue necessário.

## **Segundo Momento – Montagem do espectrofotômetro**

Um dos objetivos desse momento é permitir aos alunos a participação na montagem dos espectrofotômetros e com isso promover uma maior motivação e um maior interesse sobre o tema abordado.

A preparação prévia do material para composição dos kits pode ser realizada pelo professor fora do ambiente da sala de aula, ou seja, sem o acompanhamento dos alunos, por necessitar de materiais perfurantes e cortantes e com isso evitar o risco de acidentes. Portanto, caso o professor disponha de um espaço adequado na escola, como um laboratório ou oficina, que ofereça condições de segurança para a realização dessa preparação, com a supervisão do professor, pode ser um momento de motivação para os alunos. As **figuras 15 e 16** mostram etapas e alguns materiais e ferramentas utilizados para a montagem prévia do kit para o espectrofotômetro.



**Figuras 15 e 16.** Pré-montagem do espectrofotômetro.

Fonte: Autoria própria.

O professor deverá disponibilizar kits segundo orientação para preparação da montagem do espectrofotômetro (ver Apêndice 13) para uma montagem prática e rápida, utilizando conexões flexíveis, ou seja, fios e componentes eletrônicos equipados com conectores nas extremidades, tipo encaixe rápido, com o objetivo de permitir flexibilidade e praticidade na montagem. Os componentes utilizados nesses kits devem ter as mesmas características dos componentes informados na tabela 3.3 (Apêndice 8) de descrição de materiais que também consta de todo o material necessário para compor o kit de montagem do espectrofotômetro, bem como os quantitativos e valores médios por item. A **figura 17** mostra o tipo de conector elétrico (engate rápido) utilizado nas conexões.



**Figura 17.** Conectores elétricos do tipo engate rápido.

Fonte: <https://br.depositphotos.com/187446340/stock-photo-new-electrical-connectors-accessories-for.html>. Acesso em: 16 ago. 2019.

A quantidade de kits a serem disponibilizados, fica a critério do professor em função do número de turmas, equipes e alunos por equipe. Para uma equipe de quatro ou cinco alunos, o tempo médio de montagem é de 15 min, com base em aplicação desse produto.

A **figura 18** ilustra alguns dos componentes do kit para montagem do espectrofotômetro, acompanhado de um esquema ilustrativo do circuito elétrico (Apêndice 14) para auxiliar na montagem.



**Figura 18.** Kit de montagem do Espectrofotômetro.

Fonte: Autoria própria.

Nesse momento, o uso de conectores tipo encaixe rápido nos componentes é primordial para a dinâmica dos trabalhos.

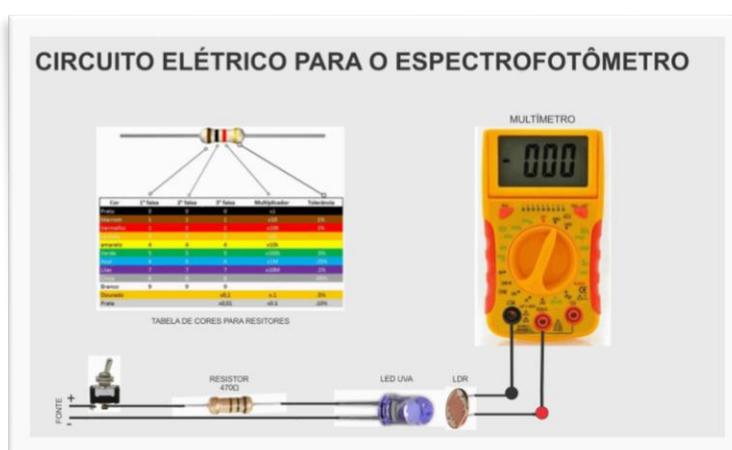
Materiais necessários em cada kit para a montagem e o teste do espectrofotômetro:

- 01 Fonte de corrente contínua com saída de 12 v;
- 01 Multímetro configurado para medir resistência elétrica;

- 01 Caixa de PVC (caixa elétrica de passagem) com tampa, bornes para conexão com a fonte e o multímetro, a chave liga-desliga;
- Pedacos de fios (jumper) com aproximadamente 10 cm de comprimento e conectores de encaixe rápido nas extremidades;
- 01 LED UVA com conectores nas extremidades;
- 01 Resistor de 470ohm com conectores nas extremidades;
- 01 LDR (Resistor Dependente de Luz) com conectores nas extremidades;
- 02 suportes de plástico para o LED e o LDR;
- Diagrama elétrico impresso.

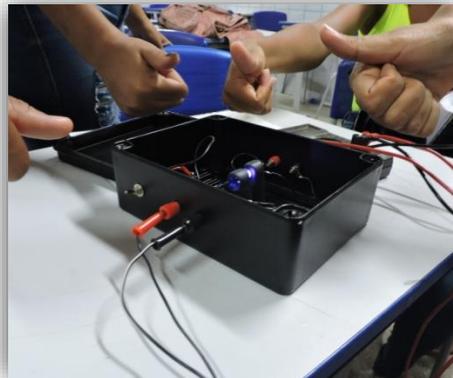
Sugere-se explorar um pouco do conhecimento dos alunos sobre circuitos elétricos durante a montagem dos espectrofotômetros, envolvendo conceitos básicos, como corrente elétrica, tensão, potência, resistência elétrica, tipos de circuitos (série e paralelo), instrumentos de medida e outros.

A disponibilidade de um esquema do circuito elétrico em folha impressa, elaborado com imagens ilustrativas dos próprios componentes eletrônicos, como entrada da alimentação (fonte), multímetro e tabela de código de cores para resistores como mostra a **figura 19**, pode auxiliar os alunos na dinâmica da montagem do espectrofotômetro.



**Figura 19.** Esquema ilustrativo do circuito elétrico.  
Fonte: Autoria própria.

Durante a montagem dos espectrofotômetros, com o propósito de evitar uma possível queima de algum componente eletrônico, os alunos devem ser orientados a não alimentar a fonte e o circuito ligar a fonte para e não alimentar o circuito enquanto não fosse realizada uma verificação final por mim. Em seguida, os espectrofotômetros foram testados apenas para verificação do acionamento do LED e verificação da variação do valor da resistência do LDR pelo multímetro, provocada por variação na incidência luminosa proveniente do próprio ambiente. As **figuras 20 e 21** mostram equipes de alunos montando e testando o espectrofotômetro.



**Figuras 20 e 21, respectivamente.** Equipes trabalhando na montagem e teste do Espectrofotômetro.

Fonte: Autoria própria.

## **Planejamento do 5º Encontro – 70 min.**

### **1.5 Encontro 5 – Medidas com fotoprotetores**

Esse encontro tem como objetivo principal promover uma maior compreensão sobre a interação da radiação e seu comprimento de onda, principalmente da RUV, com a matéria. A atividade prática proposta é baseada em recursos conceituais apresentados e desenvolvidos durante a sequência didática. Nessa atividade, verifica-se o índice percentual de absorção e transmitância, em fotoprotetores e creme hidratante, da RUV.

A **figura 22** mostra valores estimativos da tabela 3.2 (Apêndice 9) que deverá ser utilizada pelas equipes de alunos para o registro dos valores da variação da resistência elétrica no LDR e para o cálculo dos valores percentuais

da transmitância e absorção da radiação UVA incidida sobre a camada do fotoprotetor e do creme hidratante utilizando como base a Lei de Beer adaptada.

**Tabela 3.2** com Valores ilustrativos percentuais da transmitância e absorção.  
Fonte: Autoria própria.

Valores	Sem Amostra		Com Amostra		
	Sem porta-amostra	Com porta-amostra	Fotoprotetor 1	Fotoprotetor 2	Creme Hidratante
Resistência ( $\Omega$ )	6.200 ( $I_0$ )	6.500 (I)	14.600 (I)	13.200 (I)	7.000 (I)
Transmitância (%)	100	95	42	45	88
Absorção (%)	0	5	58	55	12

### ➤ Primeiro momento – Medições com os Fotoprotetores

Todos os materiais necessários para as medições devem estar à disposição para o início dos trabalhos. A seguir, lista com materiais necessários.

- Espectrofotômetro devidamente testado;
- Amostras dos protetores solares, preferencialmente de duas marcas diferentes com proteção mútua contra radiação UVA e UVB e suas respectivas embalagens ou rótulo informativo para fins de conferência das informações sobre o produto;
- Papel toalha ou similar;
- Recipiente com água para limpeza dos porta-amostras (opcional);
- Porta-amostras de vidro com espessura de 3 mm devidamente limpos;
- Planilha (tabela 3.2) impresso ou meio computacional, para registro dos valores da medição e anotação dos valores em percentuais da transmitância resultante da incidência da radiação ultravioleta emitida pelo LED UV sobre as amostras dos cremes em análise.

Sugere-se que os grupos de alunos tenham liberdade para a escolha do fotoprotetor e do hidratante a serem usados dentre os disponíveis no kit, ou,

ainda, para utilizarem o fotoprotetor de uso pessoal. Essa sugestão deve ser passada aos alunos em aula anterior.

Embora não conste no quadro 1 de resumo da sequência didática, os procedimentos para a realização das medições estão detalhados a seguir, classificados como *etapas*.

**Primeira etapa:** *Verificação do percentual de incidência da radiação diretamente sobre o LDR.*

Com a caixa do espectrofotômetro fechada, incidir diretamente a radiação UVA oriunda do LED sobre o LDR sem porta-amostra e registrar na tabela 3.2 (Apêndice 09), no campo “Sem porta-amostra”, o valor da resistência do LDR verificado pelo multímetro. Esse valor deve ser adotado como referência ou valor fixo ( $I_0$ ) para o cálculo, ou seja, valor base relativo à máxima radiação emitida pelo LED que chega ao sensor (LDR). É necessário aguardar alguns segundos logo após o fechamento da caixa até que o valor da resistência informada no multímetro se estabeleça, pois pode ocorrer uma variação temporária do valor por conta da inércia térmica no LDR. Esse procedimento deve ser realizado em todas as etapas. A **figura 22** mostra a imagem de uma equipe de alunos realizando medidas de valores de referência para a **tabela 3.2**.



**Figura 22.** Equipe realizando medidas dos valores de referência na tabela 3.2.  
Fonte: Autoria própria.

**Segunda etapa:** *Verificação do percentual de absorção da radiação incidente pelo vidro (porta-amostra).*

Para evitar interferências nos resultados, o porta-amostra deve ser manuseado com as mãos limpas (isentas de suor ou outras substâncias), evitando o contato com a superfície de depósito da substância para análise. Em seguida, incidir o porta-amostra, posicionado em uma das vias existentes na caixa entre o LED e o LDR (Ver **figura 24**), e, com a tampa da caixa fechada e o LED ligado, registrar o valor da resistência elétrica no LDR na **tabela 3.2**, no campo “**Com porta-amostra**”. Nesse momento, os alunos podem verificar se houve ou não variação da resistência em relação ao valor anteriormente registrado sem o porta-amostra. Considerando-se que o vidro transparente absorve e reflete uma parte da radiação incidente em função das suas características materiais, ocorrerá, conseqüentemente, uma variação no valor da resistência. Sugere-se, nesse momento, lançar comentários e questionamentos aos alunos sobre essa possível variação e estabelecer uma breve discussão sobre o fenômeno. Em seguida, os alunos devem realizar o cálculo usando a Lei de Beer para encontrar o percentual de absorção da radiação pelo vidro, fundamental para os resultados dos cálculos na etapa seguinte. A **figura 23** mostra o porta-amostra de vidro de 3 mm posicionado entre o LED e o LDR e a **figura 24** mostra um grupo de alunos realizando a primeira medição, com a tampa do espectrofotômetro ainda aberta para a certificação do acendimento do LED.



**Figura 23.** Posicionamento do porta-amostra.  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 24.** Equipe de alunos realizando medidas dos valores com o porta-amostra.  
Fonte: Autoria própria.

**Terceira etapa:** *Verificação do percentual de absorção da radiação incidente sobre o fotoprotetor e o porta-amostra.*

Semelhantemente à etapa anterior, verificar os cuidados com a limpeza das mãos e da superfície do porta-amostra. Aplicar uma fina camada do fotoprotetor em uma das extremidades do porta-amostra, atingindo aproximadamente um quarto da área da superfície, de modo que não bloqueie totalmente a passagem da luz, simulando uma aplicação de espessura mínima possível sobre a pele e inserir a lâmina com o porta-amostra. Em seguida, ainda do mesmo modo da etapa 2, verificar se houve variação do valor da resistência elétrica sobre LDR e registrar o valor na **tabela 3.2**, no campo “Protetor Solar / Tipo 1”. Sugere-se para esse momento um breve debate entre os alunos sobre as diferenças dos valores entre as condições testadas, sem porta-amostra, com porta-amostra e com a substância (fotoprotetor). A **figura 25** apresenta alunos fazendo o espalhamento do fotoprotetor sobre o porta-amostra.



**Figura 25.** Espalhamento da substância no porta-mostra.  
Fonte: A autoria própria.

A critério do professor, essa verificação pode ser realizada em uma ou mais amostras de fotoprotetores, preferencialmente de diferentes marcas, tipos ou ainda com data de validade vencida, com o objetivo de identificar possíveis diferenças nos níveis de absorção entre esses produtos diante da mesma radiação incidida, e discutir com os alunos sobre as razões para essas possíveis diferenças. Para isso, substituir o porta-amostra por outro contendo outro fotoprotetor. A **figura 26** mostra equipe realizando coleta de valores para o segundo tipo de fotoprotetor utilizado.



**Figura 26.** Alunos realizando medidas com fotoprotetor.  
Fonte: A autoria própria.

Lembrando que não deve ser levado em conta o FPS (Fator de Proteção Solar) indicado no produto, pois esse fator de proteção diz respeito à radiação UVB, e o LED utilizado emite radiação na região da radiação UVA.

**Quarta etapa:** *Verificação do percentual de absorção da radiação incidente sobre o creme hidratante.*

Utilizar como amostra um creme hidratante corporal sem indicação de proteção para a RUV. Os procedimentos dessa etapa devem seguir os mesmos padrões das duas últimas etapas, inclusive a elaboração dos cálculos para os valores percentuais e o consequente preenchimento da tabela 3.2. Ao fim dessa etapa, sugere-se realizar uma breve discussão entre os alunos com o intuito de aguçar a percepção sobre a larga diferença nos percentuais de absorção da radiação entre o fotoprotetor e o creme hidratante, apesar das semelhanças físicas entre essas substâncias. O debate sobre esse comparativo pode colaborar, consideravelmente, para a compreensão do aluno.

**Quinta etapa (opcional):** *Verificação do percentual de absorção da radiação incidente sobre óculos diversos.*

A caixa do espectrofotômetro pode abrigar um par de óculos, de modo a permitir o encaixe da lente (uma por vez) no espaço reservado ao porta-amostra, dando condições para a realização de medidas, de forma semelhante ao procedimento para o fotoprotetor. É possível utilizar dois tipos de óculos de sol ou escuros, sendo um com certificação e indicação de proteção contra as radiações UV, e outro sem certificado (clandestino). Com isso, pode-se verificar uma considerável diferença entre os valores da resistência no LDR em relação aos dois óculos. Apesar da diferença entre as constituições dos materiais, das substâncias fotoprotetoras e das lentes de óculos, o princípio físico que ampara a interação dessa radiação com essas diferentes matérias é o mesmo.

**Sexta etapa:** *Conferência dos valores obtidos nos cálculos.*

Com os dados dispostos na tabela 3.2, os alunos devem conferir e/ou complementar os cálculos dos valores em percentuais para cada medida utilizando a Lei de Beer que relaciona numa razão o valor de referência ou valor fixo ( $I_0$ ) referente ao valor da resistência encontrada na primeira etapa pelos valores ( $I$ ) das medidas das etapas seguintes. Em seguida, promover uma discussão com os alunos e entre os alunos para debater sobre as conclusões a que chegaram sobre os resultados.

## **2 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

Essa sequência didática não teve, na sua elaboração, o objetivo de representar um produto acabado e inflexível. São constantes as evoluções tecnológicas do meio em que vivemos, além das culturais e do comportamento das pessoas. Naturalmente, as escolas também sofrem suas transformações, considerando as diversidades socioculturais das regiões do nosso país. Portanto, esse produto fica disponível e sujeito a modificações que se encaixem em diferentes modelos didáticos ou nas diferentes percepções da formação de cada professor, desde que, sejam mantidas as bases elementares que estão ancoradas nas concepções da CTS, CTSA e BNCC e garantam uma formação ou evolução crítico-social do aluno com aprendizado embasado nos conceitos da Física.