

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



## UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DE DISPOSITIVOS LED NO ENSINO MÉDIO

**Adriéli Machado Alves**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (Universidade Federal da Grande Dourados) 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.

Orientador: Prof. Dr. Eriton Rodrigo Botero

Dourados/MS  
Março, 2017

# UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DE DISPOSITIVOS LED NO ENSINO MÉDIO

**Adriéli Machado Alves**

Orientador:  
Eriton Rodrigo Botero

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (Universidade Federal da Grande Dourados) 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

Aprovada por:

---

Dr. Eriton Rodrigo Botero

---

Dr. Fabio Luis Zabotto

---

Dr. Adão Antonio da Silva

Dourados/MS  
Março, 2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

A474s Alves, Adriéli Machado.  
Uma abordagem para o ensino de dispositivos led no ensino médio / Adriéli Machado Alves. – Dourados, MS : UFGD, 2017.  
  
84f.  
  
Orientador: Prof. Dr. Eriton Rodrigo Botero.  
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal da Grande Dourados.  
  
1. Sequência didática. 2. Ensino de Física. 3. LED. I.  
Título.

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

À minha Mãe, que me proporciona amor incondicional e apoio em todos os momentos.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Maria Malvina, por toda a dedicação e todo amor a mim dispensados, por sempre acreditar que eu seria capaz e nunca me deixar desistir. Obrigada mãe por sempre me incentivar a buscar o conhecimento através dos estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eriton Rodrigo Botero, por toda dedicação, atenção e paciência que teve comigo, pelos ensinamentos a mim dispensados e pelo auxílio para a elaboração deste trabalho. Obrigada por não desistir de mim!

Agradeço às minhas irmãs Adriana, Ana Cristina, Leonilda e Sônia e aos meus irmãos Davi, Leonel e Antonio por sempre me apoiarem e me incentivarem a seguir em frente. Vocês fizeram a diferença!

Ao meu namorado Julio, que esteve presente durante minha jornada através do mestrado, por toda a compreensão que teve comigo durante esses anos, pelo amor e carinho a mim concedidos, que me ajudaram a passar por esse caminho com mais tranquilidade.

Aos meus sobrinhos Douglas, Camila e Letícia por acompanharem minha trajetória e me apoiarem sempre. E a todos os outros sobrinhos os quais os nomes não foram mencionados, mas foram, da mesma forma, importantes para mim durante essa jornada.

A todos os meus familiares que contribuíram de alguma forma para que esse trabalho se tornasse realidade.

Aos meus amigos Ana, Cássia, Bruno, Josiane e Édina, que acompanharam minha trajetória e sempre dispensaram palavras de ânimo e incentivo nos momentos que eu mais precisava ouvir.

Às minhas queridas colegas do mestrado Marilaine, Luana, Danyara e Regiane que passaram junto comigo por momentos de dificuldade e angústia, mas que também compartilharam momentos de alegria e felicidade. Meninas, muito obrigada por ouvirem meus anseios, tirarem minhas dúvidas e me reconfortarem com palavras de incentivo. Sem vocês eu não teria conseguido!

Aos professores do metrado que nos dispensaram sua sabedoria, por nos encorajar a sempre buscar o conhecimento a fim de nos tornamos profissionais melhores.

A todos os meus colegas de trabalho que nunca me deixaram desanimar e à diretora, Jaci, por todo apoio que me concedeu e por permitir que usasse a escola para a aplicação do produto do metrado.

## RESUMO

### UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DE DISPOSITIVOS LED NO ENSINO MÉDIO

**Adriéli Machado Alves**

Orientador: Eriton Rodrigo Botero

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação (Universidade Federal da Grande Dourados) 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.

A Física Moderna e Contemporânea pode ser abordada no Ensino Médio, como sugerem inúmeras pesquisas feitas a esse respeito, desde que seus tópicos sejam contextualizados com o cotidiano dos alunos. Levando em conta essa perspectiva foi elaborado um produto educacional que se caracteriza como uma Sequência Didática para trabalhar conteúdos de Física Moderna no Ensino através da abordagem do funcionamento do dispositivo diodo emissor de luz (LED). Essa sequência foi dividida em dez momentos onde o professor pode usar de diferentes abordagens como aulas expositivas, simulação computacional e experimento de demonstração com caráter investigativo. O produto educacional foi aplicado em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio da Escola Estadual Álvaro Martins dos Santos, localizada no município de Laguna Carapã – MS. Participaram das aulas 19 alunos. No primeiro momento buscou-se identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos a serem abordados. No segundo momento foi abordado teoricamente o conceito de ondas. O terceiro momento se caracteriza pela apresentação da simulação computacional e a atividade que a segue. O quarto e o quinto momento foi onde ocorreu a abordagem teórica dos conceitos de radiação eletromagnética, radiações ionizantes e não ionizantes, o LED, o modelo atômico de Bohr, bandas de energia e dopagem de semicondutores. No sexto momento foi realizado o experimento de demonstração com caráter investigativo. O sétimo e oitavo momento foram caracterizados pela abordagem das características elétricas, as cores e as aplicações do LED. No nono e décimo momento ocorreram, respectivamente, a aplicação do segundo questionário para verificação dos conceitos adquiridos e a produção do relato escrito. Os recursos usados para a coleta de dados foram questionários, um diagnóstico e um ao final da apresentação das aulas, atividade relacionada a simulação computacional, relato escrito relacionado ao experimento de demonstração com caráter investigativo, relato escrito final e gravação em áudio das aulas. Durante as atividades foi proporcionado aos alunos participação ativa através de discussões dos conceitos envolvidos, levantamento de hipóteses e argumentação dos fatos. A Sequência Didática proposta mostrou-se aplicável a alunos do Ensino Médio e analisando os resultados obtidos através dos instrumentos de coleta de dados pode-se concluir que a mesma contribuiu de forma positiva para o aprendizado de novos conceitos de Física, relacionados à Física Moderna.

Palavras-chave: Sequência didática, Ensino de Física, LED.

Dourados/MS

Março, 2017

## **ABSTRACT**

### **AN APPROACH FOR TEACHING LED DEVICES IN HIGH SCHOOL**

**Adriéli Machado Alves**

Supervisor: Eriton Rodrigo Botero

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação (Universidade Federal da Grande Dourados) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

Modern and Contemporary Physics can be approached in High School, as suggested by numerous researches in this respect, as long as its topics are contextualized with the daily life of the students. Taking into account this perspective was developed an educational product that is characterized as a Didactic Sequence to work Modern Physics contents in Teaching through the approach of the operation of the device LED (light emitting diode). This sequence was divided into ten moments where the teacher can use different approaches such as lectures, computer simulation and demonstration experiment with investigative character. The educational product was applied in a third year high school class of Álvaro Martins dos Santos State School, located in the municipality of Laguna Carapã - MS. 19 students participated in the class. At the first moment, we tried to identify the students' previous knowledge about the concepts to be approached. In the second moment the concept of waves was approached theoretically. The third moment is characterized by the presentation of the computational simulation and the activity that follows it. The fourth and fifth moments were the theoretical approach of the concepts of electromagnetic radiation, ionizing and non-ionizing radiation, LED, Bohr's atomic model, energy bands and semiconductor doping. At the sixth moment the demonstration experiment was carried out with an investigative character. The seventh and eighth times were characterized by the approach of electrical characteristics, colors and LED applications. In the ninth and tenth moments, respectively, the application of the second questionnaire to verify the acquired concepts and the production of the written report occurred. The resources used for the data collection were questionnaires, a diagnosis and one at the end of the presentation of the classes, activity related to computer simulation, written report related to the demonstration experiment with investigative character, final written report and audio recording of the classes. During the activities the students were given active participation through discussions of the concepts involved, hypothesis collection and argumentation of the facts. The proposed Didactic Sequence was applicable to high school students and analyzing the results obtained through the data collection instruments, it can be concluded that it contributed positively to the learning of new concepts of Physics related to Modern Physics.

Keywords: Didactic sequence, Physics Teaching, LED.

Dourados/MS  
Março, 2017

## Lista de figuras

Figura 1. Representação esquemática de uma onda transversal.....	18
Figura 2. Representação esquemática da produção de propagação de uma onda longitudinal.....	19
Figura 3. Representação esquemática dos elementos que caracterizam uma onda.....	20
Figura 4. Representação do espectro eletromagnético amplo, dando ênfase à região do visível, e mostrando a relação entre frequência e comprimento de onda.....	23
Figura 5. Diagrama de níveis de energia encontrados para o átomo de hidrogênio, cada nível tem sua energia representada em J e eV.....	27
Figura 6. Esquema representativo da migração eletrônica em semicondutores com junção P-N.....	30
Figura 7. Imagem do simulador de ondas, demonstrando o comportamento de uma onda em uma corda com a extremidade solta.....	38
Figura 8. Imagem do experimento usando um circuito simples de LED, resistor e pilha.....	39
Figura 9. Trecho do relato escrito do Grupo 1.....	53
Figura 10. Trecho do relato escrito do Grupo 2.....	54
Figura 11. Trecho do relato escrito do Grupo 3.....	54
Figura 12. Trecho do relato rescrito do Grupo 4.....	55
Figura 13. Gráfico da quantidade de alunos que apresentaram cada critério elaborado na tabela 8.....	67
Figura 14. Trecho do relato de um aluno associando o comprimento de onda a cor do LED..	68
Figura 15. Trecho de um dos relatos onde o aluno fala sobre ondas e LED.....	68
Figura 16. Trecho do relato de um aluno falando sobre materiais semicondutores.....	69

## Lista de tabelas

Tabela 1. Critérios de avaliação elaborados e suas descrições.....	52
Tabela 2. Grupos e respectivos critérios encontrados para cada um.....	52
Tabela 3. Justificativa dos alunos para a escolha da resposta que se encaixa na primeira categoria.....	59
Tabela 4. Justificativa dos alunos para a escolha da resposta que se encaixa na segunda categoria.....	59
Tabela 5. Categorias e respostas dos alunos para a questão 9.....	61
Tabela 6. Classificação das respostas dos alunos para a questão 12.....	63
Tabela 7. Respostas dos alunos à questão 14.....	65
Tabela 8. Critérios de indícios de aprendizagem.....	66

## Sumário

QUESTÕES DE PESQUISA.....	12
OBJETIVOS.....	12
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. APROFUNDAMENTO TEÓRICO.....	16
2.1. Ensino por investigação.....	16
2.2. Ondas.....	18
2.2.1. Ondas em uma corda.....	19
2.2.2. Ondas eletromagnéticas.....	22
2.2.3. Radiações ionizantes e não ionizantes.....	23
2.2.4. A luz visível.....	24
2.3. O átomo de Bohr.....	25
2.4. Bandas de energia.....	28
2.5. Semicondutores dopados.....	29
2.6. Junção P-N.....	30
2.7. Diodo Emissor de Luz (LED).....	31
3. METODOLOGIA.....	33
3.1. Produção do texto de apoio.....	33
3.2. Elaboração da Sequência Didática.....	34
3.2.1. Questionário prévio.....	34
3.2.2. Simulação computacional e primeira atividade.....	34
3.2.3. Experimento de demonstração e segunda atividade.....	35
3.2.4. Questionário para verificação dos conceitos adquiridos.....	35
3.2.5. Relato escrito final.....	36
3.3. O local da pesquisa e os sujeitos pesquisados.....	36
3.4. Coleta de dados.....	37
3.5. A aplicação da Sequência Didática.....	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1 Primeiro questionário.....	41
4.2. Atividade sobre a simulação computacional.....	45
4.3. Atividade sobre o experimento de demonstração.....	48
4.3.1. Desenvolvimento do experimento.....	48

4.3.2. Relato escrito.....	51
4.4. Segundo questionário.....	55
4.5. Relato escrito final.....	65
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
APÊNDICE A: PRIMEIRO QUESTIONÁRIO.....	74
APÊNDICE B: ATIVIDADE 1 – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....	76
APÊNDICE C: ROTEIRO EXPERIMENTAL.....	77
APÊNDICE D: SEGUNDO QUESTIONÁRIO.....	80
ANEXO 1.....	85
ANEXO 2.....	86

## **QUESTÕES DE PESQUISA**

Como abordar conceitos de Física Moderna no Ensino Médio através dos fenômenos físicos presentes nos dispositivos LED em uma Sequência Didática?

Como essa Sequência Didática contribuiu para a aprendizagem de conceitos relacionados ao dispositivo LED?

## **OBJETIVOS**

- 1- Elaborar uma Sequência Didática visando a aplicação de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio tendo em vista os fenômenos físicos envolvidos no funcionamento de um dispositivo LED.
- 2- Averiguar a aplicabilidade desta Sequência Didática por parte do professor no Ensino Médio.
- 3- Examinar as contribuições dessa Sequência Didática para a aprendizagem, por parte dos alunos, dos conceitos de Física Moderna relacionados com o dispositivo LED.

## 1. INTRODUÇÃO

O professor é o profissional capaz de fazer com que o jovem tenha uma visão completa do mundo que o cerca. É no Ensino Médio que esses jovens tem um contato maior com a disciplina de Física, e o professor é o responsável por apresentar “o mundo da Física” para eles. Para isso é necessário que se faça uma relação entre os conteúdos abordados em sala de aula e o cotidiano dos jovens, pois muitas vezes os fenômenos físicos estão presentes em aparelhos utilizados por eles, como celulares, computadores, televisores, GPS, lâmpadas e luminárias, entre inúmeros outros, e a compreensão dos mesmos faz parte da compreensão do mundo ao seu redor. Mas para a explicação de certos fenômenos físicos relacionados com esses aparelhos e dispositivos presentes no cotidiano dos indivíduos do mundo atual é necessário que se aborde uma parte da Física que ainda não está muito bem enraizada nos currículos da disciplina no Ensino Médio: a Física Moderna.

Muitos autores da área de Ensino de Física já abordaram em artigos discussões sobre a incorporação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, e muito se fala sobre esse assunto entre professores de física, porém essa ainda não é a realidade de muitas escolas do Brasil. O currículo de Física do Ensino Médio até então visa os conteúdos da Física Clássica em detrimento de conteúdos mais modernos. Isso é facilmente perceptível se analisarmos a divisão dos conteúdos nos currículos que geralmente trazem Mecânica e Hidrostática no primeiro ano, Óptica Geométrica, Ondas e Termologia no segundo ano e Eletricidade e Magnetismo no terceiro ano, sem se preocupar com os eventos históricos ou a mudança do pensamento científico ocorrido através dos anos, e se preocupando menos ainda com a explicação dos avanços tecnológicos obtidos pela Física deste século, o que inclui a Física Moderna.

Segundo Oliveira et al. (2007) muitas das vezes os alunos não compreendem a indispensabilidade de estudar essa disciplina pois ela é apresentada a eles de forma descontextualizada de sua realidade, se confundindo, por vezes, com a matemática. É importante reconhecer que a matemática é parte fundamental do ensino de física, no entanto a ênfase demasiada a ela traz prejuízos à aprendizagem. Por conseguinte, o aluno cria uma aversão à disciplina, pois acha que é incapaz de compreendê-la. Saindo do Ensino Médio, esse jovem talvez nunca mais terá um contato direto com essa ciência, por isso a lacuna deixada por

um currículo desvinculado com a realidade tem agravantes na formação da científica desse aluno.

O ensino de física no Ensino Médio deve garantir ao estudante uma percepção mais ampla entre a relação da teoria com a prática, mesmo que a prática não seja um experimento em si, mas uma prática cotidiana que o leve a fazer uma correspondência entre o conteúdo que está sendo colocado à sua frente e o fenômeno físico presente no seu dia-a-dia. A própria Lei de Diretrizes e Bases (LDB) ressalta, na seção IV, artigo 35, inciso IV, que o Ensino Médio terá como finalidade: “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.” (BRASIL, 1996). Em consonância com a LDB, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), enfatizam que o ensino de física deve permitir que o indivíduo tenha a clareza de que é parte integrante da natureza em transformação e que o conhecimento físico é uma forma de expressão e produção humana. Os PCNEM destacam ainda que: “É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional.” (BRASIL, 2000)

De acordo com Terrazzan (1992) é necessário que o currículo de Física seja atualizado para que então possa haver uma verdadeira compreensão, por parte dos alunos, do mundo criado pelo homem, bem como uma inserção eficaz dos mesmos como cidadãos participantes e atuantes na sociedade. Valadares e Moreira (1998) justificam a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio pelo fato de que o estudante precisa conhecer os fundamentos das tecnologias presentes no seu cotidiano, uma vez que elas atuam diretamente em suas vidas.

Apesar de uma grande parte dos currículos não abarcarem tópicos de Física Moderna e Contemporânea, não se pode deixar de citar que existem alguns que incluem esses tópicos, porém não em uma totalidade. Esse é o caso do Referencial Curricular do Mato Grosso do Sul de 2012 e em vigência até o momento. Esse referencial traz o assunto sobre Buracos Negros no primeiro ano, Luz como Partícula e Efeito Fotoelétrico no segundo ano e Partículas Elementares no terceiro ano. Contudo, mesmo trazendo esses assuntos o professor ainda não se sente confortável para abordá-los, seja pela falta de preparação para tal, ou pela falta de material didático que lhes dê subsídios.

É fato que a implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio encontra grandes dificuldades. Entre elas, pode-se apontar: a falta de tempo para as

aulas; a formação dos professores, tanto daqueles que são formados em física, mas pouco ou nada aprenderam na graduação como inserir essa parte da física em salas de aula do ensino médio, quanto por professores que não são formados na área; a falta de pré-requisitos necessários e o nível de abstração de alguns conceitos, entre outros fatores. De acordo com Brockington e Pietrocola (2005):

Certamente, a cautela na abordagem de FMC no Ensino Médio não é difícil de ser entendida. Os desafios são impostos não apenas pela complexidade intrínseca destes tópicos, como também por uma insegurança inerente a qualquer tentativa de mudança no domínio escolar. (BROCKINGTON; PIETROCOLA, 2005)

Ainda assim, a esperança é de que os professores de Física do Ensino Médio possam encontrar a coragem necessária para enfrentar as inúmeras dificuldades e fazer a diferença, inserindo tópicos relacionados à Física Moderna e Contemporânea em suas aulas. Nesse âmbito, pensando em auxiliar esses professores, foi desenvolvido o presente projeto, a fim de contribuir com a melhoria das aulas e buscar levar a Física Moderna e Contemporânea para as salas de aula.

O presente trabalho, tem como produto uma proposta de Sequência Didática que aborda conceitos de Física Moderna, como o átomo de Bohr, bandas de energia, semicondutores dopados e junção P-N, mas também faz uma revisão sobre a parte da Física Clássica referente à ondulatória trazendo o conceito de onda, a classificação das ondas, radiações eletromagnéticas visíveis e não visíveis e radiações ionizantes e não ionizantes. A Sequência Didática aborda ainda o conceito de LED, suas características elétricas, a classificação dos LEDs e as aplicações desses dispositivos.

Este trabalho está dividido em 6 capítulos. Sendo o primeiro capítulo esta introdução; o segundo capítulo traz um aprofundamento teórico sobre o ensino por investigação e sobre os conceitos físicos abordados na sequência didática; o terceiro capítulo traz a metodologia trabalhada, o local de pesquisa e os sujeitos pesquisados bem como o detalhamento de como foram aplicadas as atividades da sequência; no quarto capítulo estão as análises dos dados obtidos através dos instrumentos de coleta e as discussões dos resultados; no quinto capítulo se encontram as considerações finais, onde estão respondidas as questões de pesquisas feitas no início deste trabalho; no sexto e último capítulo se encontram as referências bibliográficas.

## **2. APROFUNDAMENTO TEÓRICO**

Para o desenvolvimento deste trabalho acredita-se ser necessário uma revisão sobre o ensino por investigação e atividades experimentais num contexto investigativo, além da importância de uma revisão sobre os conceitos físicos abordados na Sequência Didática produzida. Este capítulo trará uma discussão sobre os conceitos da Física Clássica referente à ondulatória, bem como conceitos da Física Moderna como o átomo de Bohr, bandas de energia, semicondutores dopados e a junção P-N. O capítulo trará ainda uma discussão sobre o dispositivo Diodo Emissor de Luz, o LED.

### **2.1. Ensino por investigação**

Muito se tem falado, nos últimos anos, sobre o ensino por investigação. Esse tipo de ensino é pautado em retirar o foco do professor e o colocar sobre o aluno, fazendo com que ele busque e construa seu conhecimento. Através dessa metodologia o aluno tem uma liberdade maior para escolher de que maneira irá ganhar o conhecimento sobre determinado conteúdo, pois ele próprio irá buscar meios para isso, sempre com a orientação do professor. A participação do professor continua a ser de suma importância de modo que ele passa a guiar os alunos para que essa busca por conhecimento seja satisfatória e proveitosa. Esse tipo de ensino é mais aberto e não é guiado por etapas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Segundo Sá et al. (2007) numa perspectiva investigativa os alunos deixam de ser meros espectadores e passam a ocupar um papel mais ativo na educação e os professores deixam de ser os provedores do conhecimento e passam a ocupar um papel de orientação aos alunos. Sendo assim tanto estudantes como professores têm a responsabilidade de aprender e também de contribuir para que o aprendizado aconteça.

Trabalhar com atividades investigativas em sala de aula mostra que o professor pretende possibilitar que o aluno tenha um papel ativo em sua construção de entendimento sobre os conhecimentos científicos (SASSERON, 2015). Através delas o aluno pode desenvolver habilidades cognitivas e capacidade de argumentação por meio de procedimentos como a análise das variáveis envolvidas, a elaboração de hipóteses, anotações e análise de dados (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Além de despertar no aluno um ser pesquisador fazendo com que as habilidades de argumentação e outras habilidades cognitivas surjam nos alunos, as atividades investigativas tem como função fazer com que a relação dos alunos com os materiais, com os colegas e com os próprios professores melhorem, pois para que haja uma atividade investigativa é necessário que os alunos compreendam o papel fundamental da colaboração entre os membros participantes.

A argumentação é parte importantíssima da atividade investigativa pois é através dela que o aluno vai expressar o conhecimento adquirido, vai levantar hipóteses e formular conclusões. A argumentação é a forma básica de pensamento e através dela se pode avaliar como conhecimentos foram formados, como também quanto a divergências de pontos de vistas sobre o mesmo assunto (SASSERON, 2015).

Uma das formas sob as quais se pode apresentar uma atividade investigativa é a experimentação. Neste caso temos atividades experimentais investigativas, que são experimentos com roteiros abertos onde o aluno deve procurar responder um problema experimental e deve ter liberdade para escolher como chegar a uma solução através da tentativa e erro, visto que parte do próprio aluno a reflexão e a tomada de decisões a respeito de como encontrar a solução (OLIVEIRA, 2010).

O ensino por investigação extrapola o domínio de uma metodologia de ensino que se aplica apenas a alguns conceitos, podendo ser aplicada sob as mais diversas formas (SASSERON, 2015). Sendo assim, a atividade experimental investigativa pode ser também uma atividade de verificação com caráter investigativo ou uma atividade de demonstração com caráter investigativo. Ambas são atividades investigativas se conduzidas de forma que tomem esse caminho.

A atividade experimental de demonstração é aquela na qual o professor executa o experimento, porém não precisa necessariamente que os alunos sejam meros espectadores. O professor pode conduzir esse tipo de experimento de forma que ele se torne investigativo, lançando questionamentos aos alunos que façam com que eles levantem hipóteses e argumentem sobre os meios para se chegar a uma conclusão. É importante, durante essa atividade, que quando lançados questionamentos o professor não ceda de pronto as respostas, para que o aluno possa pensar e organizar esses pensamentos, analisando as variáveis e

discutindo sobre os fenômenos observados, de forma que o conduza a uma conclusão (OLIVEIRA, 2010).

## 2.2. Ondas

Ondas estão presentes no cotidiano de todos os indivíduos, e podem ser expressas de várias formas, como nos oceanos, ao agitar as águas de um lago, no som, por exemplo. Nas telecomunicações elas fazem o papel principal. Temos como exemplos o celular, o GPS, as antenas de televisão, os computadores que utilizam internet via wireless. E não podemos nos esquecer do forno de micro-ondas, que as usa para esquentar alimentos, e do fato de que é devido a algumas dessas ondas que podemos enxergar os objetos ao nosso redor. Enfim, são inúmeros os fenômenos e aparelhos onde as ondas estão presentes.

O surgimento de uma onda se dá quando um meio qualquer é perturbado e essa perturbação se propaga através desse meio, retirando-o do equilíbrio no qual se encontrava (TIPLER; MOSCA, 2009). As ondas são capazes de transportar energia e quantidade de movimento de um local até outro, sem que tenham que transportar matéria (TIPLER; MOSCA, 2009). Pode-se classificar as ondas como transversais e longitudinais. Ondas transversais são aquelas nas quais tem-se a propagação em um sentido e a oscilação em outro. Podemos citar como exemplo de onda transversal uma onda produzida em uma corda. Essa onda oscila na direção vertical, para cima e para baixo, porém se propaga na direção horizontal, para a direita ou para a esquerda, como representado na figura 1 (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

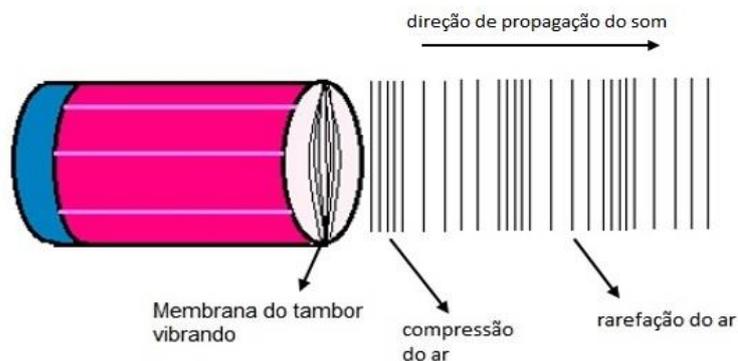
Figura 1. Representação esquemática de uma onda transversal.



Fonte: elaborada pela autora.

Já as ondas longitudinais, tem sua oscilação na mesma direção de sua propagação. Como exemplo podemos citar um tubo com um êmbolo. Se uma pessoa empurrar o êmbolo dentro do tubo para a frente e para trás ela provocará uma onda sonora. Essa onda se propagará no tubo na mesma direção de sua oscilação, a horizontal (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). Na figura 2 vemos como um tambor emite uma onda longitudinal, que é o som.

Figura 2. Representação esquemática da produção e propagação de uma onda longitudinal.



Fonte: elaborada pela autora.

Pode-se classificar as ondas também de acordo com seu tipo, em ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. As ondas mecânicas são aquelas governadas pelas leis de Newton e que só se propagam em meios materiais como as ondas do mar e ondas sonoras. Já as ondas eletromagnéticas são aquelas que não necessitam de um meio para se propagar, ou seja, elas se propagam mesmo no vácuo. Como exemplo de onda eletromagnética podemos citar as ondas luminosas provenientes das estrelas, elas percorrem um longo caminho no vácuo até chegar aos nossos olhos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). Existem ainda as ondas de matéria, que são as ondas associadas às partículas com elétrons, prótons e até átomos e moléculas (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

### 2.2.1. Ondas em uma corda

Para melhor ilustrar os elementos presentes em uma onda vamos utilizar com exemplo uma onda se deslocando em uma corda. Essa oscilação necessita de uma equação matemática

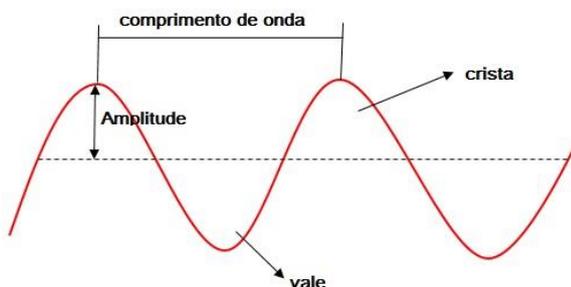
que a descreva, a qual pode ser do tipo seno ou cosseno. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). A função abaixo é um exemplo de função de onda senoidal.

$$y(x, t) = A \text{ sen } (kx - \omega t) \quad (\text{Equação 1})$$

Nessa função  $y(x, t)$  representa o deslocamento, onde  $y$  é o deslocamento transversal de um ponto da corda,  $x$  é a posição do elemento e  $t$  é o tempo.  $A$  representa a amplitude da onda,  $k$  é o número de onda e é dado por  $k = 2\pi/\lambda$ ,  $x$  é a posição,  $\omega$  é a frequência angular e  $t$  é o tempo. O argumento  $(kx - \omega t)$  representa a fase da onda e  $\text{sen } (kx - \omega t)$  representa o fator oscilatório (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

O comprimento de onda  $\lambda$  é o quanto a frente de onda se desloca no espaço durante o período de uma oscilação completa, o que corresponde também a distância entre duas formas de ondas consecutivas (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). Essas formas podem ser cristas ou vales, por exemplo, como indicado na figura 3.

Figura 3. Representação esquemática dos elementos que caracterizam uma onda.



Fonte: elaborada pela autora.

Além do comprimento de onda, uma onda possui também um período de oscilação, frequência e velocidade de propagação. O período de oscilação de uma onda, representado pela letra  $T$ , é o tempo que um ponto da onda leva para realizar uma oscilação completa. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). Já a frequência da onda é caracterizada pela quantidade de ciclos que esta pode completar durante um dado intervalo de tempo. Período e frequência são inversos um do outro, pois quanto maior for a frequência de uma onda, menor será o tempo que ela demorará para completar um ciclo, completando assim mais ciclos durante

um dado intervalo de tempo (TIPLER; MOSCA, 2009). Essa relação pode ser representada através da fórmula:

$$f = \frac{1}{T} \quad (\text{Equação 2})$$

Pode-se ainda relacionar a frequência  $f$  com a frequência angular  $\omega$  através da seguinte fórmula (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009):

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad (\text{Equação 3})$$

já que a frequência angular se relaciona com o período desta maneira (HALLIDAY; RESNICK; 2009):

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (\text{Equação 4})$$

Para definir a velocidade de propagação das ondas precisamos levar em consideração que quando a onda se movimenta, sua fase, que determina seu deslocamento, deve permanecer constante, pois o movimento em relação ao eixo  $y$  se conserva. Sendo assim, podemos escrever (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009):

$$kx - \omega t = \text{constante} \quad (\text{Equação 5})$$

Derivando esta equação em relação ao tempo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009):

$$k \frac{dx}{dt} - \omega = 0 \quad (\text{Equação 6})$$

Como já é conhecido, a derivada da posição em relação ao tempo resulta na velocidade, ou seja,

$$\frac{dx}{dt} = v \quad (\text{Equação 7})$$

Assim, na equação 6, passando  $\omega$  para o outro lado da igualdade e  $k$  dividindo, podemos escrever a derivada da equação como (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009):

$$v = \frac{\omega}{k} \quad (\text{Equação 8})$$

Lembrando das relações anteriores de  $k$  e  $\omega$  onde  $k = 2\pi/\lambda$  e  $\omega = 2\pi/T$ , podemos escrever a relação anterior como:

$$v = \frac{2\pi/T}{2\pi/\lambda} = \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{\lambda}{2\pi} = \frac{\lambda}{T} \quad (\text{Equação 9})$$

Como o período é o inverso da frequência ( $T = 1/f$ ) podemos escrever a equação da velocidade de propagação das ondas como (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009):

$$v = \lambda \cdot f \quad (\text{Equação 10})$$

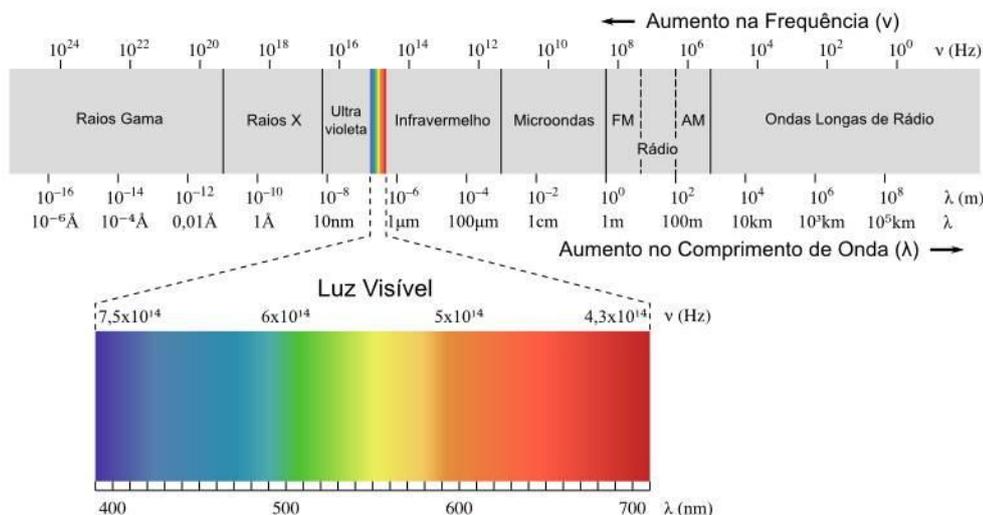
Assim, concluímos que a velocidade de propagação das ondas pode ser obtida através da multiplicação entre o comprimento de onda e a frequência das ondas.

### 2.2.2. Ondas eletromagnéticas

As ondas eletromagnéticas são aquelas que não necessitam de um meio para se propagar. Elas são compostas de campos elétricos e magnéticos que oscilam perpendicularmente entre si de modo que se auto sustentam, produzindo a propagação desse tipo de onda. O cientista James Clerk Maxwell foi o responsável por mostrar que um raio luminoso é uma onda eletromagnética e que nesse sentido os estudos da óptica e do eletromagnetismo se misturam (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Mas não é só a luz visível ou os raios luminosos que são ondas eletromagnéticas. Hoje em dia, são conhecidas muitas ondas eletromagnéticas e todas elas compõem o que é chamado de *espectro eletromagnético*. Nele pode-se encontrar várias ondas eletromagnéticas como as ondas de rádio, descobertas pelo cientista Heinrich Hertz, as micro-ondas, o infravermelho e o ultravioleta, entre outras (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). O espectro eletromagnético está organizado de acordo com os comprimentos de onda e com as frequências dessas ondas, como mostra a figura abaixo.

Figura 4. Representação do espectro eletromagnético amplo, dando ênfase à região do visível, e mostrando a relação entre frequência e comprimento de onda.



Fonte: Blog Dan Scientia: Ciências Matemáticas, Físicas e Computacionais<sup>1</sup>.

Percebe-se através da figura acima que a região do espectro onde se encontra a luz visível é muito pequena. Isso quer dizer que não se pode enxergar a maioria dos comprimentos de ondas presentes no espectro. Mas a parte que se pode enxergar, o espectro da luz visível, é de suma importância para os seres humanos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

### 2.2.3. Radiações ionizantes e não ionizantes

As radiações eletromagnéticas podem ser classificadas em ionizantes e não ionizantes. Uma radiação é considerada ionizante quando, ao interagir com a matéria, possui energia suficiente para alterar sua estrutura. Ela pode, por exemplo, ter energia suficiente para retirar um elétron de um átomo, transformando-o em um íon, alterando seu estado. Devido a isso, esse tipo de radiação pode causar prejuízos à saúde humana quando em contato (OKUNO; VILELA, 2005). Já as radiações que, ao entrarem em contato com a matéria não possuem energia suficiente para alterá-la, são consideradas radiações não ionizantes e por esse motivo não causam danos à saúde do homem (OKUNO; VILELA, 2005).

As radiações do espectro eletromagnético que são consideradas ionizantes são os raios X e os raios gama, pois são as que apresentam maior energia. A radiação ultravioleta está no

<sup>1</sup> Disponível em: < <http://dan-scientia.blogspot.com.br/2010/03/relacao-da-frequencia-com-o-comprimento.html> > Acesso em nov. 2016

limite entre ionizante e não ionizante, porém é considerada como radiação não ionizante. Ainda assim, a radiação ultravioleta pode provocar a excitação dos elétrons dos átomos do corpo humano dando início a um dano biológico, mas que pode ser remediado pelos mecanismos de reparo do organismo. Todavia, se isso não acontecer, a consequência pode ser o surgimento de um câncer (OKUNO; VILELA, 2005).

A excitação de um elétron do átomo ocorre quando a radiação entra em contato com a matéria, mas não tem energia suficiente para modifica-la arrancando um elétron. Então, em vez disso, a energia da onda transferida ao elétron proporciona um salto de energia tal que o elétron consegue sair do seu estado fundamental e migrar para um estado mais energético. Porém, quando esse elétron perde a energia que ganhou ele volta ao seu estado fundamental e essa energia é emitida novamente em forma de fótons de luz. As relações entre os níveis energéticos de um átomo e a energia da onda eletromagnética serão tratados com maior ênfase no tópico sobre o átomo de Bohr.

#### **2.2.4. A luz visível**

Como visto na figura 4, na parte que corresponde à região visível do espectro eletromagnético existem cores de luz visíveis que vão do vermelho ao violeta. Cada cor possui um comprimento de onda e uma frequência específica. A luz de cor branca não se encontra presente em um comprimento de onda específico no espectro eletromagnético pois esta é o conjunto de todas as cores com intensidades aproximadamente iguais, enquanto que o preto é a ausência de todas as cores (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

O fato de se enxergar as cores dos objetos se dá porque eles refletem, ou emitem radiação visível para os olhos. No caso da reflexão, a luz branca proveniente de uma fonte luminosa atinge determinado objeto, esse objeto vai então absorver alguns comprimentos de onda e emitir outros em todas as direções. A cor emitida vai então depender dos comprimentos de onda emitidos, que por sua vez dependem da estrutura molecular de cada matéria. Esses comprimentos de onda emitidos pelos objetos ao encontrar os olhos fazem com que determinada cor seja enxergada (SERWEY; JEWETT, 2007).

### 2.3. O átomo de Bohr

O primeiro modelo atômico que reconheceu a existência de carga positiva foi o modelo proposto por J. J. Thomson. Nesse modelo, Thomson propôs que os elétrons fossem esferas carregadas negativamente que estariam distribuídas de maneira uniforme, por conta da repulsão mútua entre elas, em uma esfera maior carregada positivamente (EISBERG; RESNICK, 1979). Esse modelo propõe que quando o átomo estiver excitado, seus elétrons vibrariam em torno de uma posição de equilíbrio. Porém, observou-se que o espectro do átomo de hidrogênio emitia uma grande quantidade de frequências diferentes, e segundo Thomson ele deveria emitir apenas uma, já que possui apenas um elétron vibrando (EISBERG; RESNICK, 1979).

A base da física nuclear nasceu quando Ernest Rutherford, em 1911, mostrou que o modelo de Thomson para o átomo não estava em concordância com a realidade. Através de experimentos com o espalhamento de partículas  $\alpha$  ele mostrou que a parte positiva do átomo não era uma esfera maior carregada positivamente, mas sim partículas que se concentravam no centro do átomo (EISBERG; RESNICK, 1979). Desta forma, Rutherford propôs um novo modelo para o átomo, onde praticamente toda a sua massa está concentrada no núcleo, pois é lá que se encontram as partículas de carga positiva e em torno desse núcleo existe uma quantidade de elétrons igual à quantidade de cargas positivas que se encontram no núcleo, fazendo com o que o átomo seja neutro. Porém esse modelo ainda não descrevia totalmente o funcionamento do átomo. Havia um problema relacionado a estabilidade de um átomo como esse, já que não se sabia explicar como os elétrons não colidiam com o núcleo (EISBERG; RESNICK, 1979).

Em 1913, o físico Niels Bohr sugeriu uma solução para este problema propondo quatro postulados. São eles:

1. Um elétron em um átomo se move em uma órbita circular em torno do núcleo sob influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica.
2. Em vez da infinidade de órbitas que seriam possíveis segundo a mecânica clássica, um elétron só pode se mover em uma órbita na qual seu momento angular orbital  $L$  é um múltiplo inteiro de  $\hbar$  (a constante de Planck dividida por  $2\pi$ ).
3. Apesar de estar constantemente acelerado, um elétron que se move em uma dessas órbitas possíveis não emite radiação eletromagnética. Portanto sua energia total  $E$  permanece constante.

4. É emitida radiação eletromagnética se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita de energia total  $E_i$ , muda seu movimento descontinuamente de forma a se mover em uma órbita de energia total  $E_f$ . A frequência da radiação emitida  $\nu$  é igual à quantidade  $(E_i - E_f)$  dividida pela constante de Planck  $h$ . (EISBERG; RESNICK, 1979)

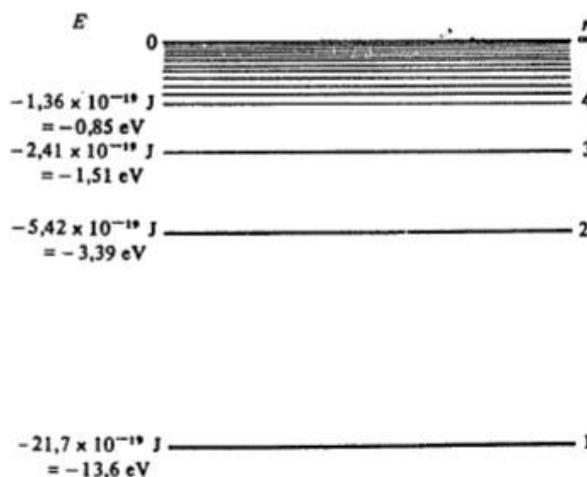
Com esses postulados, Bohr conseguiu mesclar de forma inovadora e formidável a Física Clássica com a Física Moderna. Eles indicam que os elétrons se movem ao redor do núcleo obedecendo a força de atração coulombiana, que é a atração entre cargas positivas e negativas. Indicam também que as órbitas nas quais os elétrons podem se mover tem valores quantizados de energia. Mostram ainda que um elétron só emite radiação se o átomo estiver excitado e ele estiver em um nível de energia maior que o original e que a radiação emitida obedece ao postulado de Einstein que diz que a frequência da radiação emitida é igual a energia carregada pelo fóton dividida pela constante de Planck (EISBERG; RESNICK, 1979).

Como dito, a energia de cada órbita que o elétron pode vir a ocupar se o átomo estiver excitado é quantizada e pode-se calcular a energia de cada nível com a seguinte relação (EISBERG; RESNICK, 1979):

$$E = - \frac{mZ^2e^4}{(4\pi\epsilon_0)^22\hbar^2} \frac{1}{n^2} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (\text{Equação 11})$$

Onde  $E$  é a energia total do nível,  $m$  é a massa do elétron,  $Z$  é o número atômico,  $e$  é a carga do elétron,  $1/4\pi\epsilon_0$  representa a força coulombiana,  $\hbar$  é a constante de Planck dividida por  $2\pi$  e  $n$  é o número quântico do nível de energia. No diagrama da figura 5 é mostrado os valores de energia encontrados para os níveis de um átomo de hidrogênio em joules e elétrons-volt (EISBERG; RESNICK, 1979).

Figura 5. Diagrama de níveis de energia encontrados para o átomo de hidrogênio, cada nível tem sua energia representada em J e eV.



Fonte: (EISBERG; RESNICK; 1979)

Analisando o diagrama da figura 5, pode-se facilmente perceber que o menor valor de energia pertence ao estado quântico  $n = 1$ . E conforme o número do estado aumenta o valor da energia do nível também aumenta. O estado mais estável para o elétron é o de menor energia, portanto  $n = 1$  é o estado normal para este elétron, também chamado de estado fundamental (EISBERG; RESNICK, 1979).

Assim, o modelo atômico de Bohr propõe que os elétrons estejam distribuídos ao redor do núcleo em órbitas cujos valores de energia, a partir da órbita mais próxima do núcleo, vão do menor para o maior. É proposto também que quando átomos livres recebem energia, através de colisões, seus elétrons passam para um estado de maior energia que o estado fundamental, chamado de estado excitado. Eventualmente esses elétrons perdem essa energia adquirida emitindo-as em forma de radiação. Ao fazerem isso, retornam ao seu estado fundamental. Cada átomo emite um conjunto diferente de radiações eletromagnéticas, fazendo delas uma característica própria (EISBERG; RESNICK, 1979).

## 2.4. Bandas de energia

Quando substâncias se encontram no estado gasoso, por exemplo, a distância entre suas moléculas é consideravelmente grande se ela for comparada ao tamanho das próprias moléculas. Desta forma, quando a substância se encontra nesse estado podemos dizer que as suas moléculas são isoladas umas das outras. Mas o mesmo não ocorre quando as substâncias estão no estado sólido. Nesse estado a proximidade entre as moléculas que a compõe é muito grande fazendo com que as características de uma molécula sejam modificadas pela presença das moléculas vizinhas (EISBERG; RESNICK, 1979).

Quando átomos se encontram muito próximos uns dos outros, as órbitas eletrônicas começam a se superpor, bem como as funções de ondas que as descrevem. Quando isso acontece um dado nível de energia do sistema se desdobra em vários outros níveis diferentes, dependendo da quantidade de átomos desse sistema, e a separação entre esses níveis aumenta conforme a distância entre os átomos diminui. Cada desdobramento, que pode conter N níveis, é chamado de banda de energia. Os níveis mais afetados pela presença dos átomos vizinhos, e, portanto, mais atingidos pelo desdobramento, são os níveis de maior energia, que se encontram mais distantes do núcleo (EISBERG; RESNICK, 1979).

Assim, as bandas de energia dos elétrons de valência, que são os últimos elétrons do átomo, podem ou não estar totalmente ocupadas. Se um campo elétrico for aplicado em um sólido o elétron pode adquirir energia para saltar para um nível mais enérgico do que aquele onde ele se encontra, desde que os níveis de energia da banda para onde ele pode saltar não estejam ocupados. Caso esses níveis encontrem-se ocupados, o elétron não adquire energia e o sólido se comporta como um material isolante. Quando uma banda totalmente cheia se superpõe a uma banda de energia vazia, tem-se por consequência duas bandas parcialmente cheias. Desta forma, um sólido com bandas parcialmente cheias da origem a um sólido condutor (EISBERG; RESNICK, 1979).

Existem bandas chamadas bandas permitidas, que são níveis de energia para onde são permitidos aos elétrons saltarem, e existem também as chamadas bandas proibidas, ou gap em inglês, que são estados de energia que não são permitidos para os elétrons. Duas bandas permitidas podem estar separadas por uma banda proibida. Porém, é possível para alguns elétrons ganhar energia térmica o bastante para saltar de uma banda de energia permitida até outra, pulando o espaço da região proibida e deixando na banda anterior lacunas provocadas

pela sua ausência. A banda contendo a lacuna causada pela falta do elétron é chamada de *banda de valência* e a banda contendo o elétron que saltou de seu nível de energia original é chamada de *banda de condução*. Os materiais cujo a largura da banda proibida é pequena o suficiente para que facilite ao máximo o salto do elétron são chamados de *semicondutores* (EISBERG; RESNICK, 1979).

## 2.5. Semicondutores dopados

Como dito anteriormente, um semicondutor é um material cujo a largura da banda proibida que separa duas bandas permitidas é relativamente pequena permitindo aos elétrons que saltem de uma banda permitida à outra. À temperatura de zero Kelvin, ou zero absoluto, o material semicondutor é considerado um material isolante já que sua banda de valência se encontra cheia e sua banda de condução vazia. Mas à medida que a temperatura aumenta, aumenta também a condutividade nesse material, já que a excitação térmica faz com que os elétrons da banda de valência saltem até a banda de condução. Quando isso ocorre, o elétron que saltou deixa uma lacuna na banda de valência. Essas lacunas podem ser consideradas positivas já que são causadas pela falta de cargas negativas e contribuem para a condutividade no material (EISBERG; RESNICK, 1979). A condutividade, proveniente da excitação dos elétrons, é chamada de condutividade intrínseca. Contudo ela pode ser aumentada dopando-se o semicondutor com impurezas. Essa condutividade é denominada condutividade extrínseca.

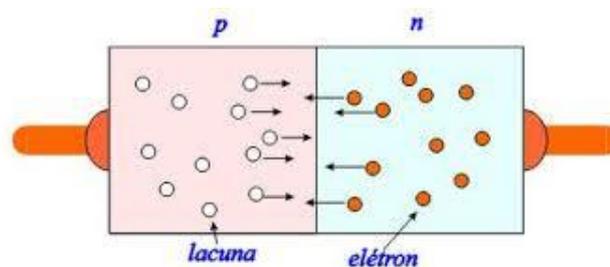
A dopagem consiste em introduzir na estrutura de um material semicondutor um outro material, como, por exemplo, introduzir uma pequena quantidade de arsênio ao germânio. O arsênio possui cinco elétrons na camada de valência enquanto que o germânio possui apenas quatro. Quando misturados esses dois elementos, quatro elétrons do átomo de arsênio vão fazer ligação covalente com o germânio e o quinto elétron passará a ser um elétron livre que está sobrando nessa ligação. Esse elétron do arsênio pode ser facilmente excitado e passar para a banda de condução do átomo deixando uma lacuna na banda de valência. Quando uma dopagem desse tipo é realizada a impureza adicionada ao material é chamada de doadora e o material resultante é chamado de *tipo-n* por conta do excesso de elétrons presentes (EISBERG; RESNICK, 1979).

Outro exemplo de dopagem é a introdução de uma pequena quantidade de gálio ao germânio. Aqui acontecerá o processo contrário ao que acontece quando o germânio é dopado com arsênio. O gálio possui apenas três elétrons na camada de valência, então sua ligação com o germânio ficará deficiente de um elétron. A falta desse elétron por si só gera uma lacuna considerada positiva que pode se deslocar através do cristal. Cria-se então no material uma corrente positiva. Uma impureza desse tipo é chamada de aceitadora e o material resultante dessa dopagem é chamado de *tipo-p*, por conta da falta de elétrons (EISBERG; RESNICK, 1979).

## 2.6. Junção P-N

Quando um cristal tem uma região formada por um semicondutor do tipo-p e outra região formada por um semicondutor do tipo-n, o limite entre essas duas regiões é denominado *junção P-N*. Em uma junção como essa, os elétrons que estão no lado n tendem a ir para o lado p a fim de preencherem as lacunas daquela região, e em contrapartida as lacunas do lado p se deslocam para o lado n, como representado na figura 6. O lado n contém íons positivos das impurezas doadoras que são neutralizados pelos elétrons da banda de condução, porém quando esses elétrons migram para o lado p essas impurezas ficam descompensadas, fazendo com que apareça uma carga positiva no lado n. Da mesma forma, quando uma impureza do lado p se combina com um elétron que veio do lado n, é introduzido nessa região uma carga negativa. Desta maneira, além das cargas das regiões n e p, passam a existir mais dois tipos de cargas, a carga positiva do lado n e carga negativa do lado p (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Figura 6. Esquema representativo da migração eletrônica em semicondutores com junção P-N



Fonte: Instituto Federal Santa Catarina <sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Disponível em: <[https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/index.php/AULA\\_2\\_-\\_Eletr%C3%B4nica\\_Geral\\_1\\_-\\_T%C3%A9cnico](https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/index.php/AULA_2_-_Eletr%C3%B4nica_Geral_1_-_T%C3%A9cnico)> Acesso em nov. 2016.

Essas cargas criam entre as regiões uma diferença de potencial, e é ela que impede que elétrons e lacunas continuem a se movimentar através do plano da junção. Ao mesmo tempo é essa diferença de potencial que faz com que os elétrons presentes no lado p e as lacunas presentes no lado n se movimentem, já que os elétrons procuram regiões onde existe um potencial maior e as lacunas, por serem positivas, procuram por regiões onde existe um potencial menor, criando assim uma segunda corrente, contrária a primeira, nesta junção. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

## **2.7. Diodo Emissor de Luz (LED)**

O diodo emissor de luz, cujo a sigla em inglês é LED (Light Emitting Diode), é um semicondutor formado por uma junção P-N capaz de emitir luz. Para que se tenha um efeito como esse em um semicondutor é preciso que haja um fenômeno chamado *recombinação*. A recombinação acontece quando um elétron da banda de condução preenche uma lacuna na banda de valência, ou seja, é o processo inverso ao que acontece quando o elétron recebe energia para saltar de seu estado fundamental para um nível energético maior. Podemos dizer então que nesse fenômeno o elétron perde energia, emitindo-a em forma de fótons (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Para que esse fenômeno ocorra em grande escala em um semicondutor é necessário que esse material, além de fortemente dopado, seja polarizado. Existe dois tipos de polarização de diodos, a direta e a inversa. Na polarização direta, o lado p do diodo recebe um potencial positivo e repele as lacunas para o lado negativo, isso faz com que os elétrons livres do lado n sejam também repelidos do polo negativo e vão para o polo positivo do diodo, gerando assim uma corrente elétrica. Já na polarização inversa é o lado n que fica submetido a um potencial positivo fazendo com que os elétrons do lado n e as lacunas do lado p se afastem das proximidades da junção. Quando isso acontece a barreira de potencial entre a junção aumenta dificultando ao máximo a passagem de elétrons ou lacunas para um dos lados e resultando em uma corrente praticamente nula (WENDLING, 2011).

No caso dos dispositivos LED temos a polarização direta, que faz com que uma grande concentração de elétrons do lado n fiquem muito próximos a uma grande concentração de elétrons do lado p. Como resultado, temos uma grande quantidade de recombinações entre

elétrons e lacunas e por consequência uma alta intensidade luminosa, fazendo com que o material se transforme em um diodo emissor de luz (LED) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

### **3. METODOLOGIA**

Com vista em responder à primeira questão de pesquisa “Como abordar conceitos de Física Moderna no Ensino Médio através dos fenômenos físicos presentes nos dispositivos LED em uma Sequência Didática?” foi elaborado o produto educacional moldado com uma Sequência Didática. Segundo Pais (2002) “Uma sequência didática é formada por um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática” (PAIS; 2002). Nos próximos tópicos serão relatados como se deu a elaboração e a aplicação dessa sequência e do texto de apoio que vem acoplado a ela, bem como serão descritos o local de pesquisa e os sujeitos envolvidos.

#### **3.1. Produção do texto de apoio**

Intentando a elaboração de uma Sequência Didática para que o professor consiga abordar nas salas de aula do Ensino Médio conceitos de Física Moderna através da explicação do funcionamento do dispositivo diodo emissor de luz, observou-se a necessidade da criação de um texto de apoio ao profissional da educação, já que os livros didáticos usados como referenciais na rede de ensino do Mato Grosso do Sul não trazem esse assunto e a internet os fornece de forma desmembrada.

O referido material de apoio foi elaborado visando todos os fenômenos físicos necessários à explicação do funcionamento do LED. Sendo assim o texto traz, de forma organizada, desde o assunto sobre ondas, como frequência, período e velocidade de propagação, que faz parte da Física Clássica, passando por tópicos como espectro eletromagnético, radiações ionizantes e não ionizantes, e chegando a Física Moderna através de assuntos como o átomo de Bohr, bandas de energia, semicondutores e junção p-n. O texto traz ainda uma gama de informações sobre o dispositivo LED em si, como suas características elétricas, suas potências e luminosidade e também suas aplicações no mundo atual.

## **3.2. Elaboração da Sequência Didática**

A Sequência Didática foi dividida em dez momentos, que foram distribuídos em seis aulas, de acordo com o tempo de duração de cada um. Essa distribuição procurou organizar os passos a serem seguidos para a realização da aplicação da mesma em sala de aula. Além do texto de apoio ao professor esta sequência conta com um questionário prévio, uma simulação computacional e uma atividade sobre a mesma, um experimento de demonstração e uma atividade sobre ele, um questionário para a verificação dos conceitos assimilados e uma atividade de relato das aulas. Passaremos agora a uma apresentação mais detalhada dos demais elementos da sequência.

### **3.2.1. Questionário prévio**

Este questionário, que se encontra no apêndice A, teve como finalidade detectar os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos assuntos que viriam a ser abordados com eles. É um questionário composto por sete questões, sendo três do tipo múltipla escolha e quatro do tipo escolha binária tendo como respostas “SIM” ou “NÃO”.

### **3.2.2. Simulação computacional e primeira atividade**

A simulação escolhida foi a simulação online chamada Onda em uma Corda, que se encontra no site PhET Interactive Simulations disponível através do seguinte endereço eletrônico: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string). Essa simulação mostra uma corda que pode estar presa a uma extremidade ou solta. Ela gera uma onda mecânica onde é possível alterar a frequência e a amplitude da onda produzida, entre outras funções.

A atividade elaborada a partir dessa simulação consiste em um questionário, que se encontra no apêndice B, com cinco questões de múltipla escolha para que os alunos respondam durante a simulação com supervisão do professor. O questionário foi elaborado visando a discussão por parte dos alunos sobre conceitos já abordados pelo professor.

### **3.2.3. Experimento de demonstração e segunda atividade**

Este é um experimento para a verificação da intensidade luminosa de um LED utilizando um circuito simples e seu roteiro encontra-se no apêndice C. O experimento em si é bastante simples, pois utiliza de materiais de fácil acesso como o LED, resistores e pilhas, para montar um circuito em série, e trocando-se o resistor por outro de maior valor, mostrar a variação da intensidade luminosa do LED. Este experimento encontra-se no site **Br-Arduino.org** Do LED ao Arduino: aprendendo eletrônica no século 21. Disponível em <http://br-arduino.org/2014/11/meu-primeiro-circuito.html>.

Este é um experimento de demonstração com caráter investigativo, pois ao criar o roteiro para ele tomou-se o cuidado de colocar sugestões de perguntas que o professor poderá fazer aos alunos antes, durante e depois da prática experimental, induzindo-os a levantarem hipóteses sobre os acontecimentos e sobre os conceitos físicos por trás dos acontecimentos, discutirem conceitos e argumentarem a respeito das conclusões alcançadas.

Como atividade é proposto que o professor peça aos alunos que façam um relato escrito sobre o experimento, descrevendo os materiais utilizados, o desenvolvimento da prática experimental e suas hipóteses e conclusões sobre ele.

### **3.2.4. Questionário para verificação dos conceitos adquiridos**

Neste questionário, que se encontra no apêndice D, buscou-se conhecer quais conceitos foram assimilados pelos alunos e quais não tiveram um significado para eles. Este questionário é composto por quatorze questões sendo que dessas, seis são de múltipla escolha, duas de escolha binária, quatro abertas, uma sobre associação de figuras e uma sobre identificar o conceito errado. Acredita-se que com a variedade dos tipos de questões aplicadas os alunos não sejam prejudicados pela preferência por um ou outro tipo no momento de responder a esse instrumento de verificação.

### **3.2.5. Relato escrito final**

Aqui, propõe-se ao professor que peça aos alunos para que relatem em forma de texto tudo que se lembram sobre as aulas, desde a primeira apresentação de conteúdo até o questionário respondido no último instante. Acredita-se que através do relato escrito pode se ter um melhor resultado quanto aos pensamentos reais dos alunos sobre o assunto abordado com eles, porque eles irão colocar no papel apenas aquilo que foi realmente significativo para eles, seu cérebro trará à superfície apenas os conceitos que ficaram impregnados em sua estrutura cognitiva.

### **3.3. O local da pesquisa e os sujeitos pesquisados**

O local de aplicação dessa pesquisa foi a Escola Estadual Álvaro Martins dos Santos, localizada no município de Laguna Carapã – MS. A escola é a única da rede estadual de ensino na cidade, que conta com apenas duas escolas, sendo a outra pertencente a rede municipal. Por ser a única da rede estadual é também a única que oferece o Ensino Médio, que atende alunos da cidade e da região, vindos de fazendas e distritos. Ela oferece aulas no período matutino e noturno, sendo que no período noturno funcionam apenas as turmas de Ensino Médio. Um pedido escrito solicitando a realização das atividades deste projeto na escola foi enviado à direção, que assinou e deu consentimento para a promoção de tais atividades cujo modelo de solicitação se encontra no Anexo.

Os sujeitos pesquisados foram os alunos do terceiro ano, da turma A, do período matutino. Esta turma conta com 22 alunos frequentes, porém o número de alunos que participaram do estudo variou entre 18 e 19, já que alguns alunos faltaram durante as aulas em que estava sendo aplicado o produto. O motivo para a escolha da turma do terceiro ano é que os mesmos já deveriam ter os conceitos considerados pré-requisitos para trabalhar assuntos como as características elétricas do LED ou a montagem de um circuito em série, devido ao fato de já terem visto o conteúdo sobre ondas no segundo ano e de estarem estudando eletricidade no ano em que se encontram. A escola possui duas turmas de terceiro ano, uma matutina e uma noturna, porém a escolha da turma do período matutino se deveu ao fato de que a turma do período noturno tem um número reduzido de alunos. Antes da aplicação do produto educacional foi entregue aos alunos um termo de consentimento para fossem assinados pelos

pais dos alunos menores de idade e pelos alunos maiores de idade cujo modelo de autorização se encontra no Anexo 2.

### **3.4. Coleta de dados**

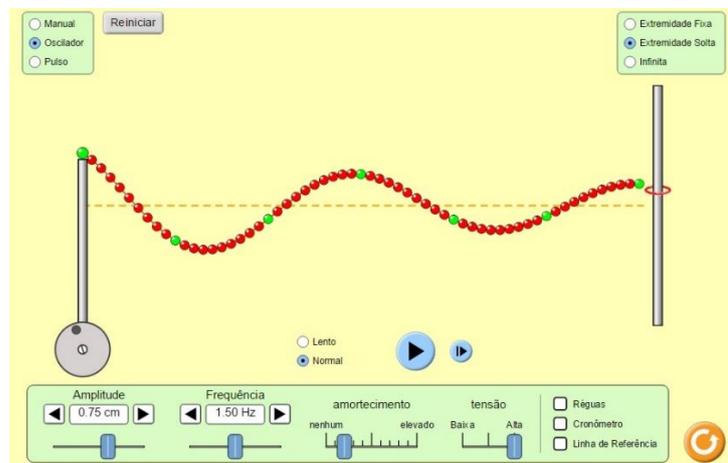
A coleta de dados para o presente estudo foi feita através do questionário para identificar os conceitos prévios dos alunos, da atividade acerca da simulação computacional, do relato escrito sobre o experimento de demonstração, do questionário para a verificação da aprendizagem e do relato final sobre as aulas. Outro instrumento de coleta utilizado foi a gravação de áudios das aulas, que foram posteriormente transcritos.

### **3.5. A aplicação da Sequência Didática**

Como dito anteriormente, a sequência foi dividida em dez momentos, distribuídos em seis aulas, sendo que cada aula possui 50 minutos. As aulas foram ministradas durante o período das aulas de Física e Química durante uma semana. Não houve interrupções entre elas como feriados ou recessos.

Depois de recolhidos os termos de consentimento, a professora e pesquisadora entregou o questionário prévio para que estes respondessem em sala de aula, caracterizando o primeiro momento da sequência didática que aconteceu na primeira aula. O segundo momento foi a abordagem feita pela professora dos tópicos do texto do material de apoio sobre Ondas. Para isso ela entregou os textos impressos aos alunos e também utilizou slides como recursos multimídias. No terceiro momento a professora mostrou a turma a simulação computacional Onda em uma Corda e aplicou a primeira atividade relacionada a ela que faz perguntas como “Que tipo de onda você identifica nessa simulação?” e “O que acontece com as cristas e os vales da onda quando a professora aumenta sua frequência?” Na figura 7 há uma imagem da simulação exposta aos alunos.

Figura 7. Imagem do simulador de ondas, demonstrando o comportamento de uma onda em uma corda com a extremidade solta.



Fonte: Print do Simulador do site PhET Interactive Simulations feito pela autora <sup>3</sup>.

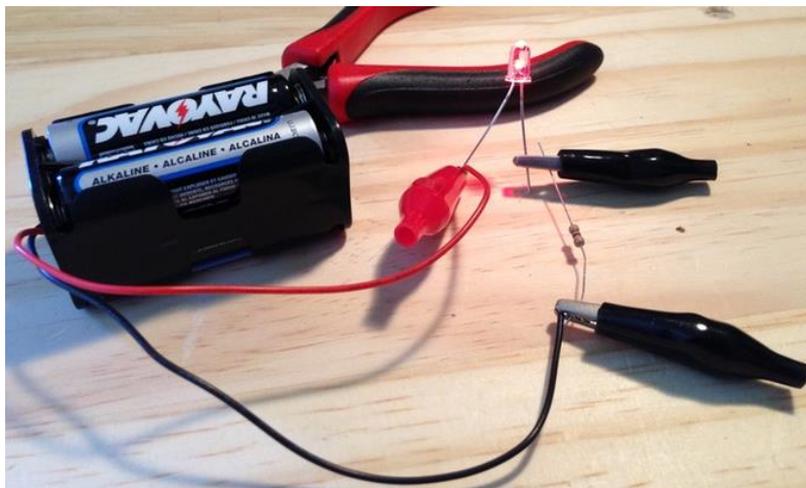
O segundo e terceiro momento aconteceram durante a segunda aula.

O quarto momento foi quando a professora retornou ao texto de apoio, já entregue aos alunos, para abordar, com auxílio de slides, os tópicos Radiações eletromagnéticas, Radiações ionizantes e não ionizantes e A Luz visível. No quinto momento, seguindo ainda a abordagem teórica do texto de apoio, a professora abordou os tópicos O LED, Bohr e os semicondutores e Semicondutores dopados. Esses dois momentos ocorreram durante a terceira aula.

Foi no sexto momento que aconteceu o experimento de demonstração Circuito Simples para a Verificação da Mudança de Intensidade Luminosa de um LED. Nele a professora utilizou o roteiro experimental para fazer a montagem e a aplicação com os alunos deste experimento. No roteiro experimental foi sugerido que os resistores usados tivessem os valores de 470  $\Omega$ , 820  $\Omega$  e 2200  $\Omega$ , porém o resistor de 470  $\Omega$  foi substituído por um resistor de 360  $\Omega$  pelo fato de não ter sido encontrado um resistor com esse valor. Vale ressaltar que isso em nada interferiu ou modificou a execução da prática experimental. Na figura 8 há a imagem do experimento.

<sup>3</sup> Disponível em <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string)> Acesso em nov. 2016

Figura 8. Imagem do experimento usando um circuito simples de LED, resistor e pilhas.



Fonte: **Br-Arduino.org** Do LED ao Arduino: aprendendo eletrônica no século 21 <sup>4</sup>.

A professora tomou o cuidado de fazer perguntas que induzissem os alunos a levantarem hipóteses sobre o que ocorreria quando o resistor de menor valor fosse trocado por um de maior valor e também hipóteses que explicassem o motivo de a intensidade luminosa do LED diminuir. Após o experimento a professora pediu que os alunos fizessem um relato escrito descrevendo os materiais utilizados, a montagem, o desenvolvimento do experimento e as conclusões por eles tiradas acerca do fenômeno observado. No sétimo momento a professora retomou mais uma vez a explicação teórica sobre as Características Elétricas do LED, onde ela abordou a explicação do experimento anterior corroborando as hipóteses de alguns alunos e refutando as de outros. Esses dois momentos ocorreram durante a quarta aula.

O oitavo momento foi marcado pela continuação da professora com a abordagem teórica, envolvendo os tópicos O LED e as cores, Classificação dos LEDs e Aplicações dos LEDs. Nesse momento a professora fez o fechamento da abordagem teórica tirando algumas dúvidas que ainda haviam restado sobre o dispositivo. Esse momento aconteceu durante a quinta aula.

No nono momento a professora entregou aos alunos o questionário para averiguação dos conceitos assimilados por eles sobre todos os assuntos abordados durante as outras cinco

<sup>4</sup> Disponível em: <http://br-arduino.org/2014/11/meu-primeiro-circuito.html> Acesso em nov. 2016.

aulas. Após terminar de responder os questionários a professora pediu que os alunos fizessem um relato escrito sobre tudo que haviam aprendido durante as aulas anteriores, caracterizando o décimo momento. O nono e o décimo momento aconteceram durante a sexta aula.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com vista em responder à segunda questão de pesquisa “Como essa Sequência Didática contribuiu para a aprendizagem de conceitos relacionados ao dispositivo?” foram analisados os dados coletados pelos instrumentos de pesquisa descritos no subitem 3.4. Essa seção traz, de forma detalhada, os resultados das aplicações do questionário diagnóstico, da atividade sobre a simulação computacional, da atividade sobre o experimento de demonstração, do segundo questionário e do relato escrito final, assim como as transcrições dos áudios gravados durante algumas aulas.

### 4.1. Primeiro questionário

O primeiro instrumento de coleta de dados foi um questionário que teve como objetivo a averiguação dos conhecimentos prévios dos alunos, porque acredita-se que o indivíduo só pode aprender a partir daquilo que já conhece (MOREIRA, 2000). Portanto, esse instrumento tentou verificar se os alunos carregavam conceitos prévios acerca dos conceitos físicos sobre ondulatória, porque percebeu-se ser de suma importância esse pré-requisito para a compreensão dos demais conceitos da Física Moderna envolvidos no dispositivo Diodo Emissor de Luz. Objetivou-se também saber, através deste instrumento, se os alunos já haviam visto ou mesmo ouvido falar sobre materiais semicondutores, o modelo atômico de Bohr e sobre o dispositivo LED. Responderam a esse instrumento 19 alunos. Esse questionário contou com sete questões, cujos resultados estão apresentados a seguir.

#### *Questão 1*

Esta questão buscou identificar o conhecimento dos alunos a respeito do conceito de onda. Tais alunos já haviam visto o referido conceito durante o segundo ano do Ensino Médio, já que este é um dos assuntos trazidos pelo referencial teórico para ser abordado pelo professor. Visto que a pesquisa foi realizada com alunos do terceiro ano, essa questão teve como intuito averiguar o que eles lembravam sobre o conceito aprendido no ano anterior. Como essa era uma questão de múltipla escolha, quando feito o questionamento “O que é uma onda?”, 17 alunos, correspondendo a uma porcentagem de 89,4% dos alunos, assinalaram corretamente que uma

onda é uma perturbação em um meio e também uma maneira de transportar energia de um lugar a outro sem a necessidade de transportar matéria (TIPLER; MOSCA, 2009). Apenas 2 alunos, o que corresponde a 10,6 % do total, assinalaram que uma onda é uma maneira de produção de eletricidade através de dínamos.

Pode se perceber claramente, com os resultados dessa questão, que a maioria dos alunos já possuía em sua estrutura cognitiva um conceito correto sobre o que são ondas, visto que quase todos eles optaram pela alternativa correta, mostrando que esse foi um conceito bem enraizado em sua estrutura cognitiva no momento que o aprenderam durante o ano anterior.

### *Questão 2*

Essa questão teve por finalidade inquirir os alunos sobre o conceito de ondas transversais. Nela se encontra a afirmação de que “ondas transversais são aquelas que oscilam em uma direção e se propagam em outra” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). Em seguida é perguntado aos alunos se eles concordam ou não com essa afirmação, dando uma conotação de certo ou errado às respostas por eles assinaladas. A resposta “Sim” foi assinalada corretamente por 13 alunos, representando uma porcentagem de 68,4%, enquanto que a resposta “Não” foi assinalada por 6 alunos, correspondendo a 31,6%.

A quantidade de alunos que marcou a alternativa correta foi consideravelmente maior que a quantidade que marcou a alternativa errada, portanto também pode-se concluir que o conceito de ondas transversais faz parte da estrutura cognitiva da maioria dos alunos pesquisados.

### *Questão 3*

Indagou os alunos sobre o conceito de espectro eletromagnético. Sobre essa questão, 14 alunos, ou 73,7% do total, marcaram corretamente a alternativa que diz que o espectro eletromagnético é o conjunto das ondas eletromagnéticas incluindo a radiação visível (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). 3 alunos, correspondendo a 15,8% do total, assinalaram a alternativa que diz que o espectro eletromagnético é o conjunto de todos os

átomos existentes no universo e 2 alunos, correspondendo a 10,5% do total, assinalaram a alternativa que diz que o espectro é o conjunto das radiações visíveis.

Vê-se através destas respostas que, novamente, este é um conceito bem entranhado na mente da maioria dos alunos pesquisados, já que uma porcentagem maior optou pela alternativa correta à pergunta sobre o espectro eletromagnético.

#### *Questão 4*

Essa questão intentou saber quais os conhecimentos prévios dos alunos a respeito da dispersão da luz branca. Para isso foi feito um comentário sobre a luz branca não estar presente no espectro eletromagnético e em seguida foi perguntado aos alunos o porquê de isso acontecer. 12 alunos, correspondendo a 63,1% do total, apontaram a alternativa correta que enuncia que o espectro mostra a dispersão da luz branca que é formada por todas as cores (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). 1 aluno, ou 5,2% do total, marcou a alternativa que enuncia que a luz branca é a mistura das cores vermelho e azul e 6 alunos, ou 31,8% do total, assinalaram a alternativa que afirma que a luz branca é a mistura de todas as ondas eletromagnéticas do espectro, visíveis e invisíveis.

Por meio destas respostas pode ser averiguado que a maioria dos alunos marcou a alternativa correta sobre a dispersão da luz branca, mostrando que este é mais um dos conceitos que permaneceram em sua estrutura cognitiva após aproximadamente um ano depois de serem aprendidas.

#### *Questão 5*

Esse questionamento intentou conhecer as respostas pessoais dos alunos sobre semicondutores. Foi perguntado a eles se “já ouviram falar sobre materiais semicondutores”. 15 alunos, ou 78,9% do total, responderam “Sim” e 4 alunos, ou 21,1% do total, responderam “Não”.

As respostas positivas a essa indagação causaram surpresa à pesquisadora, pois acompanhando os alunos a algum tempo como professora, nenhum deles em momento algum havia questionado ou comentado sobre esse assunto.

#### *Questão 6*

Essa foi outra questão para saber a resposta pessoal dos alunos, mas desta vez acerca do átomo de Bohr. Quando questionado a eles se “já ouviram falar sobre o modelo atômico de Bohr”, 17 alunos, correspondendo a 89,4% do total, responderam “Sim” e 2 alunos, correspondendo a 10,6% do total, responderam “Não”.

Nessa questão não houve surpresa, pois, os modelos atômicos são apresentados aos alunos no primeiro ano do Ensino Médio como conteúdo integrante da disciplina de Química também ministrada aos alunos pela pesquisadora desse projeto.

#### *Questão 7*

A sétima e última questão procurou saber dos alunos se eles “já ouviram falar sobre o dispositivo LED”, e em caso positivo dizer “quais aparelhos conheciam onde esses dispositivos estão presentes”. 17 alunos, representando 89,4% do total, responderam “Sim” e 2 alunos, representando 10,6% do total, responderam “Não”. Como resposta à pergunta sobre os aparelhos onde o LED está presente 11 alunos, ou 57,9%, citaram lâmpadas, 9 alunos, ou 47,3%, citaram aparelhos de TV, 3 alunos, ou 15,7%, citaram computadores, 2 alunos, ou 10,5%, citaram farol de veículos e 1 aluno, ou 5,2%, citou celulares.

A partir dessas respostas pode-se entender que as tecnologias estão presentes na vida cotidiana da maioria dos alunos pesquisados e eles estão em contato direto com essas tecnologias, portanto precisam entender o funcionamento das mesmas para que possam agir como cidadãos atuantes e transformadores do mundo em que vivem (VALADARES; MOREIRA, 1998).

## 4.2. Atividade sobre a simulação computacional

A referida atividade aconteceu na segunda aula, durante o terceiro momento proposto pela Sequência Didática, e teve como objetivo a averiguação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos depois da abordagem teórica que envolveu o conceito de ondas, sua caracterização como transversais e longitudinais bem como seus componentes: comprimento de onda, amplitude, frequência e velocidade de propagação.

A atividade conta com um questionário composto de cinco questões de múltipla escolha que foi respondido pelos alunos durante a execução da simulação computacional Onda em Uma Corda e participaram dela 19 alunos. Abaixo serão apresentadas as considerações sobre as perguntas do questionário e algumas das falas dos alunos transcritas do áudio gravado durante a simulação e a realização da atividade.

A professora explicou aos alunos a proposta da atividade e entregou a folha com o questionário para ser respondido por eles. Num momento inicial a professora solta uma onda na tela e pede que os alunos respondam à primeira pergunta.

*Professora: - Pessoal, respondam a primeira pergunta: Essa onda é mecânica ou eletromagnética?*

*Alguns alunos: - Mecânica!*

Analisando os questionários, foi visto que todos os 19 alunos participantes, ou seja, 100% do total, marcaram corretamente a alternativa que diz que a onda que apareceu na tela é uma onda mecânica. O fato de nenhum aluno ter marcado a alternativa que diz que a onda em uma corda é uma onda eletromagnética sugere que todos os alunos aprenderam a diferença entre esses dois tipos de onda.

Depois de passados alguns segundos, a professora começa a falar sobre a questão número 2.

*Professora: - A 2, as ondas geradas são transversais ou longitudinais?*

*Aluno A: - São transversais.*

Com vista nas respostas dos alunos nos questionários, pode se perceber que nem todos assimilaram o que são ondas transversais e o que são ondas longitudinais já que 14 alunos, ou

73,7%, assinalaram a alternativa correta que dizia que a onda que aparecia na tela era uma onda transversal, mas 5 alunos, ou 26,3% do total, assinalaram a alternativa que dizia que esta era uma onda longitudinal. Apesar de nem todos os alunos terem assimilado esse conceito corretamente o fato de a maioria deles o terem feito já é bastante satisfatório.

A professora espera até que todos os alunos tenham respondido à questão e então aumenta a amplitude da onda e pede para que os alunos respondam à questão número 3.

*Professora: - Pessoal vamos responder a número 3. O que acontece com os vales e as cristas das ondas quando a professora aumenta a amplitude da onda?*

*Aluno B: - É a letra c.*

*Aluno C: - Isso é muito interessante!*

Analisando suas respostas, vê-se que todos os alunos, ou 100% do total, optaram pela alternativa correta que diz que tanto as cristas como os vales das ondas irão aumentar quando a professora aumentar a amplitude da onda. Percebemos através dessas respostas que todos os alunos assimilaram o conceito de amplitude de onda satisfatoriamente.

Alguns segundos depois, a professora aumenta a frequência da onda para que os alunos respondam à questão número quatro.

*Professora: - Todos responderam à questão número 3?*

*Alunos: - Sim!*

*Professora: - Vamos responder a número 4 agora. O que acontece com a velocidade de propagação da onda quando a professora aumenta sua frequência?*

*Aluno D: - Diminui?*

*Aluno E: - Não, aumenta.*

*Aluno C: - Nossa estou gostando muito dessa aula, aprendi muita coisa que não tinha aprendido antes.*

Nas respostas dos alunos para essa questão, vê-se que 16 alunos, correspondendo a 84,2% do total, escolheram a alternativa que diz que a velocidade de propagação da onda

aumenta quando se é aumentada sua frequência, enquanto que 3 alunos, correspondendo a 15,8% do total, escolheram a alternativa que diz que a velocidade de propagação diminui. Tendo em vista que nenhum aluno optou pela alternativa correta, que diz que a velocidade de propagação permanece a mesma quando a frequência é alterada, pode-se dizer que esses alunos não fizeram assimilação sobre a relação entre a frequência e a velocidade de propagação de uma onda.

Assim que todos os alunos responderam à questão número quatro, a professora passa à quinta e última questão. Ela adiciona o cronômetro à simulação e pede que os alunos anotem o valor que aparecerá depois que ela parar a onda. Ela repete o procedimento para mais um valor diferente de frequência e pede aos alunos que respondam à questão número 5.

*Professora: - Agora olhem o tempo para a frequência maior e o tempo para a frequência menor, em qual das frequências escolhidas o período de oscilação foi maior?*

*Aluno F: - O maior.*

*Aluno E: - Não, o menor.*

Os alunos fizeram uma discussão sobre qual tempo correspondia ao maior período de oscilação.

*Aluno G: - O menor foi mais rápido, então é o maior.*

*Aluno H: - O primeiro deu quanto? 2.84?*

*Aluno G: - Então ele é o maior.*

Para esta questão apenas 8 alunos, ou 42,1% do total, assinalaram a alternativa correta que diz que o maior período de oscilação acontece quando a menor frequência foi escolhida. 11 alunos, ou 57,9% do total, acreditam que o maior período de oscilação ocorre quando a maior frequência é escolhida. Percebemos aqui que a maioria dos alunos não assimilou de forma correta a relação entre frequência e período, ou ficaram confusos quanto a relação entre tempo e período.

### 4.3. Atividade sobre o experimento de demonstração

O experimento de demonstração ocorreu durante a quarta aula, caracterizando o sexto momento da Sequência Didática. Esta foi uma atividade com caráter investigativo onde os alunos foram induzidos a levantar hipóteses sobre o que ocorreria durante o experimento e porque aquilo ocorreria. Participaram dessa atividade 14 alunos, que foram divididos em grupos para uma posterior descrição das atividades. Segue abaixo uma descrição da realização do experimento com as falas dos alunos transcritas do áudio gravado durante a realização do mesmo bem como a análise do relato escrito produzido por eles como atividade final.

#### 4.3.1. Desenvolvimento do experimento

No primeiro instante a professora explica para os alunos que neste momento irão fazer um experimento utilizando o dispositivo LED. Ela apresenta os materiais que serão utilizados no experimento aos alunos e pede para que eles analisem com cuidado cada material. Os alunos seguram nas mãos o LED, os resistores, as garras jacaré, as pilhas e o porta-pilhas e vão passando para o próximo colega a fim de que todos tenham contato com os materiais. A professora então diz aos alunos que irá montar um circuito utilizando aqueles materiais.

*Professora: - Que tipo de circuito vocês acham que devemos montar? Em série, em paralelo ou um circuito misto?*

*Aluno A: - Em série.*

*Aluno B: - Em paralelo.*

*Alunos C e D: - Em paralelo.*

*Aluno E: - Não, em série.*

A professora monta o circuito e explica aos alunos que o polo negativo do LED foi ligado a um resistor por meio de uma garra jacaré e o resistor ligado ao polo negativo do porta-pilhas também por meio de uma garra jacaré, enquanto que o polo positivo do LED foi ligado ao polo positivo do porta-pilha através de outra garra jacaré e pede aos alunos que identifiquem o tipo de circuito que foi montado.

*Professora: - De que tipo é o circuito montado?*

*Aluno E: - Em série.*

*Aluno D: - Eu acho que é em paralelo.*

*Aluno E: - Não, é em série, olha como os fios estão seguindo um depois do outro.*

*Professora: - Isso mesmo, esse é um circuito montado em série, pois para que a luz do LED acenda é necessário que o circuito seja em série.*

Em seguida a professora se prepara para trocar o resistor usado por um resistor de valor mais elevado.

*Professora: - O que vocês acham que vai acontecer quando eu trocar esse resistor por esse outro de 820  $\Omega$ ?*

*Aluno F: - A luz.*

*Professora: - O que vai acontecer com a luz?*

*Aluno F: - Vai ficar amarela.*

*Professora: - Amarela?*

*Aluno F: - Vermelho.*

*Aluno G: - Mais forte.*

*Aluno H: - Mais fraco.*

*Professora: - Mais forte ou mais fraco?*

*Aluno F: - Qual foi o outro resistor que a senhora usou?*

*Professora: - O que está no circuito é o de 360  $\Omega$ .*

*Aluno F: - Ah, então mais forte.*

*Aluno B: - Vai ficar mais fraca.*

*Vários alunos ao mesmo tempo: - Vai ficar mais fraca.*

*Aluno C: - Eu acho que vai ficar mais fraca porque quanto maior a resistência mais fraca a luz.*

A professora faz então a troca do resistor de 360  $\Omega$  pelo resistor de 820  $\Omega$ .

*Professora: - Como ficou?*

*Vários alunos ao mesmo tempo: - Mais fraco!*

Neste momento a professora se prepara para trocar o resistor de 820  $\Omega$  para outro resistor de 2200  $\Omega$ .

*Professora: - Agora eu vou trocar esse resistor para um de 2200  $\Omega$ . O que vocês acham que vai acontecer?*

*Aluno H: - Mais fraco ainda.*

*Aluno I: - Vai ficar bem pouquinha.*

*Aluno B: - Esse aí é bem maior que os outros.*

*Aluno F: - É, ela vai ficar bem fraquinha.*

A professora faz então a troca dos resistores.

*Professora: - O que vocês acharam?*

*Aluno D: - Dá até pra ver os circuitos por dentro.*

*Aluno B: - Eu acho que tá mais fraquinha.*

*Aluno G: - Tá mais forte.*

*Aluno I: - Não, tá mais clara. Não tá professora?*

A professora se prepara para recolocar o resistor de 360  $\Omega$  novamente no circuito a fim de que os alunos possam perceber a diferença na luminosidade do LED. Colocando de volta o primeiro resistor no circuito, os alunos começam a comentar sobre a nova luminosidade.

*Aluno I: - Olha aí, ficou mais forte.*

*Aluno B: - Ficou mais forte.*

A professora então faz uma pergunta que os induzem a um levantamento de hipóteses sobre o porquê de a luminosidade variar quando o resistor varia.

*Aluno F: - Quanto maior o resistor menor a luminosidade.*

*Aluno D: - Também acho que quanto maior a resistência menor a luminosidade.*

#### **4.3.2. Relato escrito**

Neste momento a professora dividiu os alunos em grupos, resultando em quatro grupos com três alunos cada e um grupo com dois alunos, num total de cinco grupos. Ela pediu então que os alunos relatassem por escrito quais foram os materiais utilizados no experimento, como se deu o desenvolvimento dele e quais as conclusões que eles chegaram a respeito da luminosidade do LED.

A fim de analisar os indícios de aprendizagem contidos nos relatos dos alunos elaborou-se 5 critérios, os quais deveriam estar presentes na fala dos alunos. A tabela 1 mostra quais são esses critérios e suas respectivas descrições e a tabela 2 mostra os grupos e os critérios encontrados no relato de cada um deles.

Tabela 1. Critérios de avaliação elaborados e suas descrições.

Critérios	Descrição
1- Descrição dos materiais utilizados	Se foi descrito corretamente quais foram os materiais utilizados para o experimento.
2- Desenvolvimento do experimento	Se foi descrito como aconteceu o desenvolvimento do experimento, desde a montagem do circuito em série até a troca dos resistores.
3- Conclusões sobre o experimento	Se foram levantadas hipóteses para firmar as conclusões sobre a luminosidade do LED.
4- Relação entre a corrente elétrica e a luminosidade do LED	Se na conclusão, foi feita a relação entre a luminosidade do LED e a corrente elétrica.
5- Relação entre a resistência elétrica e a luminosidade do LED	Se na conclusão, foi feita a relação entre a luminosidade do LED e a resistência elétrica.

Fonte: elaborada pela autora.

Tabela 2. Grupos e respectivos critérios encontrados em cada um.

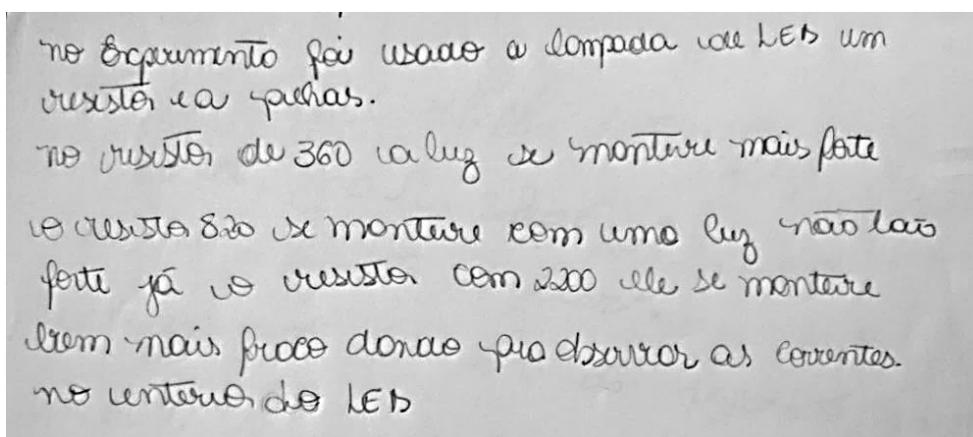
Grupos	Critérios encontrados
1	1, 3 e 4
2	1, 2, 3 e 5
3	1, 2, 3 e 5
4	1, 2, 3, 4 e 5
5	1 e 3

Fonte: elaborada pela autora.

A partir dos dados relacionados na tabela 2 pode-se concluir que o grupo número 1, apesar de não fazer relação entre a corrente elétrica e a luminosidade do LED em suas

conclusões, levantou hipóteses corretas sobre a resistência elétrica influenciar na luminosidade do LED dizendo que quanto maior a corrente maior é a luminosidade emitida pelo dispositivo. Quanto a descrição dos materiais, os que foram descritos foram feitos de maneira correta, porém o grupo não listou todos os materiais utilizados e também não descreveu como se deu o desenvolvimento do experimento. Ainda assim, a assimilação dos conceitos pretendidos com o experimento foi satisfatória. Na figura 9, vemos um trecho do relato do grupo que mostra alguns dos critérios presentes em sua fala.

Figura 9. Trecho do relato escrito do Grupo 1.



no experimento foi usado a lâmpada de LED um resistor e a pilhas.  
no resistor de 360 a luz se montou mais forte  
e o resistor de 820 se montou com uma luz não tão forte já o resistor com 220 ele se montou bem mais fraco do que pra diminuir as correntes no interior do LED

Fonte: autoria própria.

O grupo 2 apresentou um número maior de critérios do que o anterior, tendo como único critério ausente o de número 4, pois o grupo não fez uma relação entre a variação da luminosidade do LED e a corrente elétrica que o percorreu. Os materiais foram descritos corretamente e o grupo fez uma boa descrição do desenvolvimento do experimento. Foram levantadas hipóteses para que se chegassem a uma conclusão e feita relação entre a variação da luminosidade do LED e a resistência elétrica que estava sendo usada para cada caso. Tendo em vista todos esses critérios, o grupo fez uma ótima assimilação dos conceitos pretendidos com o experimento. Abaixo, vê-se um trecho do relato do grupo 2 através da figura 10.

Figura 10. Trecho do relato do escrito do Grupo 2.

O experimento foi feito da seguinte maneira.  
O LED foi ligado em série com os resistores com uma fonte de energia de 6 Volts, ligada ao resistor primário de  $360 \Omega$ , que verificamos que a intensidade da luz do LED estava forte.  
Ligando o resistor secundário de  $800 \Omega$  verificamos que a intensidade da luz do LED ela diminuiu.

Fonte: autoria própria.

O grupo de número 3 obteve resultados similares ao grupo de número 2 já que os mesmos critérios foram encontrados em seu relato. Observou-se nesse grupo, assim como no anterior, a falta da relação entre a corrente elétrica e a luminosidade do dispositivo, porém todos os outros critérios estavam presentes. O grupo mostrou uma ótima assimilação dos conceitos sobre a luminosidade do LED. Na figura 11 abaixo, podemos ver um trecho do relato desse grupo.

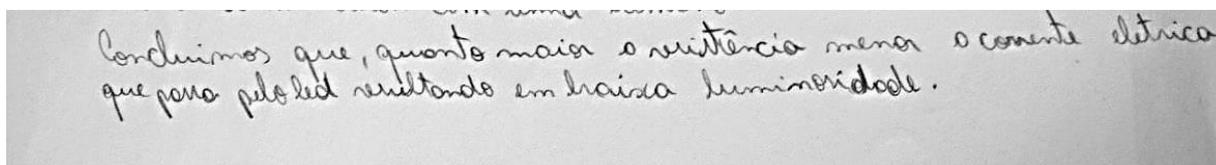
Figura 11. Trecho do relato escrito do Grupo 3.

No decorrer da experiência vimos como funciona um LED.  
Primeiro ele ligou o circuito em série no resistor de  $360 \Omega$  e vimos que no resistor de  $360 \Omega$  o LED acende com mais intensidade.  
Com mudança para o resistor de  $800 \Omega$  ele perdeu um pouco da sua intensidade e com a mudança para o terceiro resistor vimos que o LED quase não acendeu.  
Tivemos como conclusão que quanto maior o resistor menor será a intensidade do LED.

Fonte: autoria própria.

O grupo 4 foi o único grupo que apresentou todos os critérios em seu relato. O grupo teve uma excelente assimilação dos conceitos envolvendo o dispositivo LED, que ficou perceptível por conta da descrição correta de todos os materiais utilizados no experimento, a descrição de todo desenvolvimento do experimento, o levantamento de hipóteses para que se chegassem a uma conclusão, a relação feita entre a corrente elétrica e a luminosidade do LED e a relação feita entre a resistência e a luminosidade do LED. Esse foi o único grupo a mencionar a influência da corrente elétrica. Abaixo, vê-se um pequeno trecho do relato feito pelos alunos deste grupo.

Figura 12. Trecho do relato escrito do Grupo 4.



Fonte: autoria própria.

No relato do grupo 5 não foram encontrados a maioria dos critérios. O grupo não descreveu o desenvolvimento do experimento nem apresentou suas hipóteses levantadas para a conclusão, bem como não fez relação entre a corrente elétrica e a variação da luminosidade do dispositivo. O grupo apenas descreveu o material utilizado e fez uma relação entre o uso dos resistores e a variação da luminosidade do LED. Tendo em vista os critérios encontrados no relato desse grupo pode-se afirmar que a assimilação por parte de seus integrantes foi boa, já que os mesmos conseguiram fazer uma relação entre esses dois conceitos.

#### 4.4. Segundo questionário

Este questionário teve por intenção averiguar quais foram os conhecimentos assimilados pelos indivíduos participantes da pesquisa acerca das aulas a eles apresentadas e contou com questões de múltipla escolha, escolha binária, questões abertas e relação de figuras. Algumas das questões deste instrumento de verificação são as mesmas encontradas no primeiro questionário, a fim de averiguar se os conceitos dos alunos mudaram ou se reafirmaram. Deve-se levar em conta que nem todos os alunos participaram de todas as aulas porque faltaram na

escola em alguns dias. Então os alunos que participaram de algumas atividades nem sempre foram os mesmos que participaram de outras. Para esta atividade compareceram 18 alunos.

### *Questão 1*

Essa questão é uma das que se encontram também no primeiro questionário e tem como intuito saber dos alunos o conceito de onda através de alternativas marcadas por eles. 15 alunos, representando 83,3% do total, assinalaram corretamente a alternativa que diz que uma onda é uma perturbação em um meio e também uma maneira de transportar energia de um lugar para outro sem a necessidade de transportar matéria (TIPLER; MOSCA, 2009). 1 aluno, correspondendo a 5,5% do total, assinalou a alternativa que diz que uma onda é uma perturbação produzida apenas nos mares e 2 alunos, correspondendo a 11,2% do total, assinalaram a alternativa que diz que as ondas são uma maneira de produção de eletricidade através de dínamos.

Tendo em vista a quantidade de alunos que assinalaram a alternativa correta pode-se dizer que a maioria dos alunos não mudou seus conceitos com relação a esta questão, o que é algo positivo já que a maioria acertou essa questão também no questionário prévio. Comparando a porcentagem de alunos que marcou a alternativa correta neste questionário com a porcentagem de alunos que a marcou no questionário prévio podemos ver que as concepções acerca dessa questão não se alteraram, já que a maioria nesse questionário corresponde a 83,3% e a maioria no questionário prévio corresponde a 89,4%.

### *Questão 2*

Outra questão que também fazia parte do questionário prévio e é uma questão de escolha binária a qual tentou saber dos alunos se eles concordavam ou não com a informação de que ondas transversais são aquelas que oscilam em uma direção e se propagam em outra (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). Desta vez 16 alunos, ou 88,9% do total, marcaram corretamente “Sim” confirmando que concordavam com a afirmação e apenas 2 alunos, ou 11,1% do total, marcaram “Não” discordando da afirmação.

Em comparação com o primeiro questionário esse resultado foi considerado promissor já que 3 alunos a mais marcaram que concordavam com a afirmação sobre as ondas transversais, propondo que alguns deles mudaram esse conceito em sua estrutura cognitiva por meio das aulas das quais participaram. Comparando as respostas desse questionário com as do questionário prévio, em relação a esta pergunta pode-se dizer que houve um aumento na porcentagem de acertos já que neste questionário 88,9% dos alunos acertaram a questão e no questionário anterior 68,4% dos alunos acertaram.

### *Questão 3*

Essa foi uma questão que envolveu cálculos matemáticos e procurou identificar nos alunos conhecimentos a respeito do cálculo do comprimento de onda e da relação matemática entre frequência e período, já que os mesmos estudaram anteriormente esses conceitos quando cursaram o segundo ano do ensino médio, que traz em seu referencial curricular tais conteúdos. 8 alunos, ou 44,4% do total, deixaram de responder à essa questão e dos 10 que responderam, correspondendo a 55,6% do total, nenhum fez o cálculo corretamente ou montou as fórmulas de maneira certa.

Verificou-se através dessa questão que os alunos não assimilaram a matemática envolvida na relação entre o comprimento de onda e a velocidade de propagação nem a relação entre frequência e período. É perceptível que os alunos assimilaram mais os conceitos sem o uso de fórmulas matemáticas do que com a utilização das mesmas.

### *Questão 4*

A questão número 4 encontrava-se presente também no questionário prévio e procurou averiguar os conhecimentos dos alunos a respeito do conceito de espectro eletromagnético. 1 aluno, correspondendo a 5,6% do total, deixou de responder à essa questão. 12 alunos, ou 66,7% do total, optaram pela alternativa correta que diz que o espectro eletromagnético é o conjunto de ondas eletromagnéticas incluindo a radiação visível (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009) enquanto que 3 alunos, ou 16,7% do total, optaram pela alternativa que diz que o espectro

é o conjunto de todos os átomos existentes no universo e 2 alunos, ou 11% do total, optaram pela alternativa que diz que o espectro é o conjunto das radiações visíveis.

Não foi notado avanço significativo nas respostas dos alunos acerca deste questionamento, visto que o número de alunos que marcaram a opção correta diminuiu em 2 alunos. Por isso podemos dizer que no geral, houve um retrocesso a respeito desse conceito. Essa conclusão se concretiza ao analisar as porcentagens dessa questão nesse questionário, que corresponde a 66,7% de acertos, e do questionário prévio que mostra uma porcentagem de acertos igual a 73,7%.

#### *Questão 5*

Questionamento a respeito da dispersão da luz que também se encontrou presente no questionário prévio, onde se indagou o porquê de luz branca não se encontrar presente no espectro eletromagnético. 13 alunos, ou 72,3% do total, indicaram a alternativa correta que diz que o espectro mostra a dispersão da luz branca que é formada por todas as cores (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). 3 alunos, ou 16,7% do total, indicaram a alternativa que diz que é uma mistura de todas as ondas eletromagnéticas do espectro, visíveis e invisíveis. 1 aluno, ou 5,5% do total, indicou a alternativa que diz que não existe luz branca e 1 aluno, ou 5,5% do total indicou a alternativa que diz que ela é a mistura das cores vermelho e azul.

A partir desses dados pode-se verificar que não houve retrocesso quanto aos conceitos relacionados a dispersão da luz branca, já que a maioria dos alunos indicou a alternativa correta. O conceito de dispersão da luz está muito bem enraizado no cognitivo desses alunos. Pode se dizer que houve um crescimento na porcentagem de alunos que marcou a alternativa correta. Analisando o questionário prévio, constata-se que 63,1% dos alunos marcaram a alternativa correta, enquanto nesse questionário essa porcentagem foi de 72,3% dos alunos.

#### *Questão 6*

Questionamento que buscou indagar aos alunos se a luz visível é uma radiação ionizante ou não ionizante. Esta é uma questão do tipo aberta que não se encontrava presente no questionário prévio pois os alunos só tiveram contato com os conceitos de radiação ionizante

e não ionizante durante as aulas disponibilizadas para a aplicação da Sequência Didática. 9 alunos, ou seja, 50% do total, responderam à essa questão, e foram divididos em três categorias de respostas. Nas tabelas 3 e 4 estão descritas as respostas dos alunos.

*1ª categoria: os que classificaram as radiações visíveis como ionizantes: (5 alunos)*

Tabela 3. Justificativa dos alunos para a escolha da resposta que se encaixa na primeira categoria.

2	Conseguimos ver
1	São prejudiciais à saúde humana.

Fonte: elaborada pela autora.

Dos alunos que responderam a essa questão cujo as respostas se encaixam nessa categoria, 2 não justificaram a escolha feita.

*2ª categoria: Os que classificaram as radiações visíveis em não ionizantes: (2 alunos)*

Tabela 4. Justificativa dos alunos para a escolha da resposta que se encaixa na segunda categoria.

1	Ela não causa mudanças na composição a nível celular.
1	Porque não são nocivas ao ser humano.

Fonte: elaborada pela autora.

*3ª categoria: os que responderam que as radiações visíveis fazem parte do grupo das ondas eletromagnéticas: (2 alunos)*

Esses alunos não justificaram o porquê de terem dado essa resposta já que a pergunta mostrava com nitidez que as radiações poderiam ser classificadas em ionizantes e não ionizantes.

Comparando essas três classes de respostas, percebe-se que esse não foi um conceito que ficou enraizado no cognitivo da maioria dos alunos que participaram deste estudo. Porém, alguns dos alunos que responderam à essa questão mostraram que assimilaram o conceito de radiação ionizante e não ionizante visto que classificaram a luz como uma radiação não ionizante (OKUNO; VILELA, 2005).

### *Questão 7*

Esta questão indagou os alunos acerca do conceito de LED. A pergunta “O que é um dispositivo LED?” buscou saber se os alunos haviam assimilado corretamente o conceito sobre o que é o dispositivo. 1 aluno, representando 5,5% do total, deixou de responder a essa questão e 16 alunos, representando 89% do total, marcaram a alternativa correta que diz que os LEDs são diodos cujo a função é emitir luz e são derivados dos diodos comuns (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009). 1 aluno, ou 5,5% do total, marcou a alternativa que diz que são peças usadas para diminuir a corrente elétrica em um circuito.

Pode-se notar aqui, que a grande maioria dos alunos assimilou de forma correta o conceito relacionado ao dispositivo LED, já que 89% dos alunos optaram por marcar a alternativa correta.

### *Questão 8*

Mais uma questão de múltipla escolha que teve por objetivo averiguar os conhecimentos adquiridos pelos alunos a respeito do conceito de semicondutores. 10 alunos, ou 55,6% do total, optaram pela alternativa correta que diz que um semicondutor é um material que em determinadas condições é um isolante e em outras pode se tornar um condutor (EISBERG; RESNICK, 1979). 4 alunos, ou 22,2% do total, optaram pela alternativa que diz que o semicondutor é um material neutro, que nunca poderá ser condutor nem isolante e 4 alunos, ou 22,2% do total, marcaram a opção que diz que é uma propriedade de todo material que permite que ele se torne isolante em determinadas condições.

A partir da análise dessas respostas pode-se dizer que a maioria dos alunos conseguiu assimilar bem o conceito de semicondutor, apesar de alguns não o fazerem. Esses alunos demonstraram através de suas respostas que o conceito ficou agregado à sua estrutura cognitiva.

### *Questão 9*

Essa questão procurou identificar os conhecimentos agregados pelos alunos sobre o modelo atômico de Bohr. Ela trouxe um pequeno texto informativo falando sobre os níveis de energia do átomo e sobre a distribuição dos elétrons nesses níveis, e pediu para que os alunos identificassem os erros contidos nele. 7 alunos, representando 38,9% do total, deixaram de responder à essa questão e 11 alunos, ou 61,1% do total a responderam. Das respostas obtidas surgiu 3 categorias listadas conforme descritas na tabela 5.

Tabela 5. Categorias e respostas dos alunos para a questão 9.

Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Os que identificaram o erro no trecho: “Quanto mais próximo do núcleo maior o nível de energia e quanto mais longe menor o nível de energia, por isso os elétrons são distribuídos sempre do nível de maior energia para o nível de menor energia”.	Os que identificaram o erro apenas no trecho: “Por isso os elétrons são distribuídos sempre do nível de maior energia para o nível de menor energia”.	Os que identificaram o erro no trecho: “...os elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas específicas.”
9 alunos	1 aluno	1 aluno

Fonte: elaborada pela autora.

O aluno cujo a resposta se encaixa na categoria 3 justificou a escolha da resposta dizendo que os elétrons na verdade giram “em órbitas diferentes”.

Com base nas informações sobre as respostas à essa questão é perceptível que a maioria dos alunos que a responderam conseguiram identificar o erro presente no texto informativo, relacionando-o com a órbita dos elétrons em torno do núcleo partirem do nível de maior energia para o de menor energia, significando que o correto deveria ser do nível de menor energia para o nível de maior energia (EISBERG; RESNICK, 1979).

### *Questão 10*

A questão número 10 traz uma associação de nomes às figuras tentando saber se os alunos assimilaram o conceito de bandas de energia em materiais condutores e isolantes. A questão traz duas figuras, e pede para que os alunos digam qual delas é a representação de um material isolante e qual é a representação de um material condutor. 3 alunos, o que corresponde a 16,7% do total, deixaram de responder à essa questão. 11 alunos, ou 61,1% do total, disseram que a figura A representa um material isolante e 4 alunos, ou 22,2% do total, disseram que representa um material condutor. Como contrapartida, 4 alunos, ou 22,2% do total, disseram que a figura B é a representação de um material isolante e 11 alunos, ou 61,1% do total, disseram que é a representação de um material condutor.

Segundo esses dados, pode-se ver que a maioria significativa dos alunos assimilou bem o conceito de bandas de energia relacionadas a materiais condutores e materiais isolantes, já que 61,1% deles fizeram a relação dos nomes com as figuras de maneira correta.

### *Questão 11*

Questão do tipo escolha binária que procurou saber dos alunos quais seus conhecimentos sobre o conceito de semicondutores do tipo-p. Para isso trouxe uma pequena sentença dizendo que materiais semicondutores desse tipo eram materiais que continham excesso de elétrons e perguntou se eles concordavam com essa afirmação. 11 alunos, ou 61,1% do total, assinalaram corretamente a resposta “Não” indicando que não concordavam com ela e 7 alunos, representando 38,9% do total, assinalaram a resposta “Sim”, mostrando que concordavam com a sentença.

Pode-se averiguar através das respostas dadas pelos alunos a essa questão que a maioria entendeu o conceito sobre semicondutores do tipo P, respondendo que não concordavam com a afirmação de que eles seriam semicondutores com excesso de elétrons e mostrando, dessa maneira, que o certo é que materiais desse tipo tem excesso de lacunas (EISBERG; RESNICK, 1979). Assim os alunos que optaram por essa alternativa demonstraram que carregam ainda em sua estrutura cognitiva o conceito certo de materiais semicondutores do tipo-p e do tipo-n.

### *Questão 12*

Essa questão fez uma indagação sobre o conceito de lacunas e por que elas são consideradas positivas. 10 alunos, correspondendo a 55,6% do total, não responderam à essa questão. Dos 8 alunos que responderam, ou seja, 44,4% do total, podemos classificar suas respostas em três categorias descritas na tabela 6.

Tabela 6. Classificação das respostas dos alunos para a questão 12.

Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Os que descreveram como sendo buracos deixados pelos elétrons e que são positivas por conta da falta desses elétrons.	Os que justificaram que são positivas por conta da falta de elétrons, porém, não descreveram o que seriam as lacunas.	Os que descreveram como espaços deixados pelos elétrons.
4 alunos	1 aluno	3 alunos

Fonte: elaborada pela autora.

Com vista nas respostas dadas pelos alunos para essa questão, fica perceptível que praticamente todos os alunos que responderam a ela conseguiram fazer uma boa assimilação do conceito de lacunas nos materiais semicondutores. Apesar das 3 categorias diferentes, todos responderam que são espaços ou buracos deixados pelos elétrons, sendo caracterizado positivo por conta deste motivo (EISBERG; RESNICK, 1979). Todavia, o fato de a maioria dos alunos não ter respondido à essa questão mostra que ou houve a falha no sentido de enraizar esse

conceito no cognitivo dos alunos, ou os alunos não se sentiram confortáveis para responder à essa questão por ela ser do tipo aberta.

### *Questão 13*

Tal questão intentou indagar os alunos sobre as cores dos LEDs. Nela, a pergunta sobre qual a principal cor usada para criar o LED de luz branca é feita aos alunos e como resposta tem-se três alternativas de cores. 13 alunos, ou 72,3% do total, indicaram corretamente a alternativa contendo a resposta “Azul”, 1 aluno, ou 5,5% do total, indicou a alternativa contendo a resposta “Verde” e 4 alunos, ou 22,2% do total, indicaram a alternativa contendo a resposta “Vermelho”.

Apesar de alguns alunos não indicarem a resposta correta, o fato de a maioria o fazer mostra que o objetivo foi alcançado satisfatoriamente. A ideia de que o LED branco só foi possível graças a produção do LED azul foi bem encaixada no cognitivo da maioria dos alunos pesquisados.

### *Questão 14*

A questão de número 14 teve como objetivo averiguar se os alunos conseguiriam citar exemplos de procedimentos médicos ou estéticos envolvendo o uso de luz de LED. 3 alunos, ou 16,7% do total, deixaram de responder à essa questão e acredita-se que o ocorrido se dá ao fato de que esta é uma questão do tipo aberta. 1 aluno, correspondendo a 5,5% do total, respondeu “relógio e calculadora”. Com base nas respostas dos 14 alunos, ou 77,8% do total, que o fizeram corretamente, foi construída a tabela 7, que lista as mais variadas respostas.

Tabela 7. Repostas dos alunos à questão 14.

11	Clareamento dental.	1	Tratamento de psoríase.
7	Tratamento de acne.	1	Tratamento de câncer de pele.
5	Tratamento de estrias.	1	Diminuição de olheiras.
4	Rejuvenescimento da pele.	1	Tratamento de manchas
3	Tratamento de verrugas.	1	Diminuição de gordura localizada.
2	Tratamento de varizes.		

Fonte: elaborada pela autora.

Constata-se através da tabela acima, que dos alunos que responderam à essa questão, apenas um não conseguiu fazer relação da luz de LED com procedimentos estéticos e medicinais. Os demais citaram mais de um procedimento, indicando que ficou claro para eles que o LED pode ser utilizado para outros fins além de iluminação de objetos e ambientes.

#### 4.5. Relato escrito final

Essa atividade intentou saber quais foram os conhecimentos que ficaram realmente enraizados na mente dos alunos depois de todas as aulas das quais participaram e realizaram atividades. O total de alunos presentes para a realização da mesma foi de 18 alunos.

Para analisar os referidos relatos foram criados critérios, os quais procurou-se achar presente na fala dos alunos indícios de aprendizagem dos conceitos abordados durante a realização da Sequência Didática. Tais critérios estão listados na tabela 8 na próxima página.

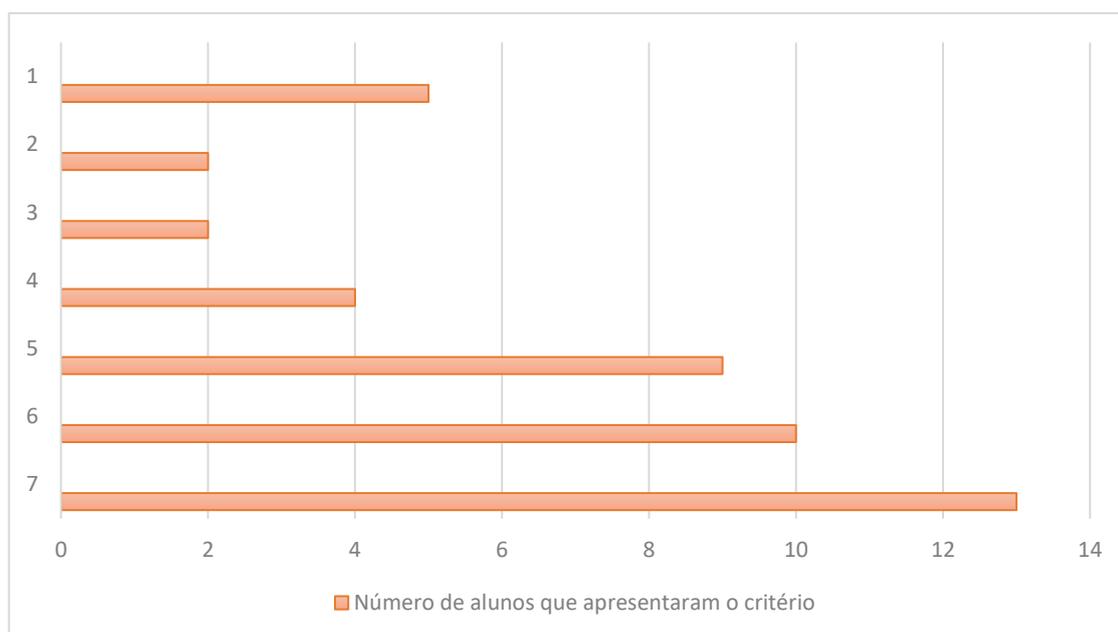
Tabela 8. Critérios de indícios de aprendizagem.

Critérios	Descrição dos critérios
1- Conceitos sobre ondas	Se foi encontrado indícios de aprendizagem de algum dos conceitos relacionados à ondulatória, seja o próprio conceito de onda ou das suas características e elementos.
2- Conceitos sobre radiações	Se foi encontrado indícios de aprendizagem de algum conceito relacionado ao termo radiação, seja radiações eletromagnéticas ou ionizantes e não ionizantes.
3- Modelo atômico de Bohr	Se foi encontrado indícios de aprendizagem sobre o modelo atômico de Bohr.
4- Semicondutores	Se foi encontrado indícios de aprendizagem de conceitos ligados aos semicondutores como o conceito de bandas de energia, semicondutores dopadas e a junção P-N.
5- Conceito de LED	Se foi encontrado indícios de aprendizagem do conceito de LED ou de como as cores dos LEDs dependem dos elementos de que são formados.
6- Características elétricas do LED	Se foi encontrado indícios de aprendizagem sobre as características elétricas do dispositivo como a relação entre corrente elétrica e sua luminosidade ou como os LEDs são ligados à rede elétrica.
7- Aplicações dos LEDs.	Se foram encontrados exemplos de aparelhos ou procedimentos estéticos e médicos onde a luz do LED pode ser aplicada.

Fonte: elaborada pela autora.

Analisando os relatos dos alunos a partir dos critérios estabelecidos na tabela acima, pode-se verificar quais foram os indícios de aprendizagem acerca dos conteúdos listados nos critérios. Esses indícios e a quantidade de alunos que os mostraram em seus relatos encontram-se no gráfico da figura 13.

Figura 13. Gráfico da quantidade de alunos que apresentaram cada critério elaborado na tabela 8.



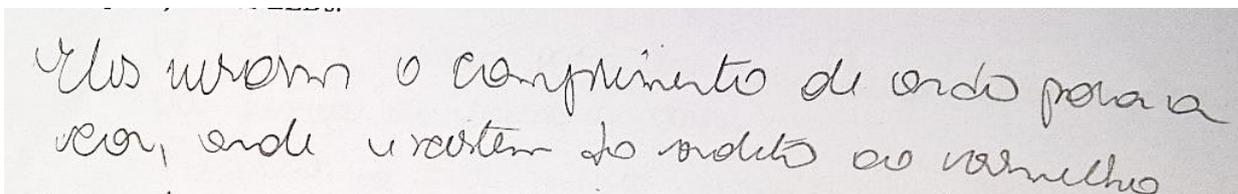
Fonte: elaborado pela autora.

O gráfico da figura 13, mostra a quantidade de alunos que apresentaram cada critério em seus relatos. Pode-se ver que o critério que mais apareceu foi o número 7, que representa os exemplos de aplicações dos dispositivos LED no mundo atual. Infelizmente, poucos alunos apresentaram o critério 2 e o critério 3 que representam, respectivamente, os indícios sobre aprendizagem dos conceitos de radiação e do modelo atômico de Bohr. 4 alunos mencionaram o conceito de semicondutores. É um número pequeno, porém isso mostra que alunos do Ensino Médio são capazes sim de assimilar conceitos de Física Moderna. Apesar de a grande maioria não ter relatado sobre esses conceitos, acredita-se que é possível sua aprendizagem durante esse grau de escolaridade. O fato de muitos alunos colocarem em seus relatos os critérios número 5, número 6 e número 7 indica que os mesmos se lembraram mais das últimas aulas que participaram do que das primeiras e também que assimilaram bem como funciona o dispositivo LED, quais são suas características elétricas e suas aplicações além daquelas conhecidas por eles antes das aulas. Ressalta-se também que nem todos os alunos que participaram desse relato participaram de todas as aulas, já que elas aconteceram ao longo de seis aulas e alguns alunos faltaram a algumas delas. É válido ressaltar também que para que os alunos compreendessem melhor os conceitos que ficaram evidenciados pelo gráfico que eles não conseguiram assimilar, como os conceitos de radiações, modelo atômico de Bohr e semicondutores, por exemplo, o

ideal é que o professor retomasse estes conteúdos e os fizesse de uma forma diferenciada, utilizando mais recursos midiáticos e menos aulas expositivas, utilizando também simuladores de experimentos e investisse mais tempo nesse conteúdo para uma assimilação completa. Os mesmos não foram feitos nessa pesquisa por conta da falta de tempo para sua realização, já que a pesquisa foi realizada próxima ao fim do ano letivo.

Nas figuras 14 a 16 abaixo podemos ver trechos dos relatos de alguns alunos apresentando os critérios mencionados na tabela 8.

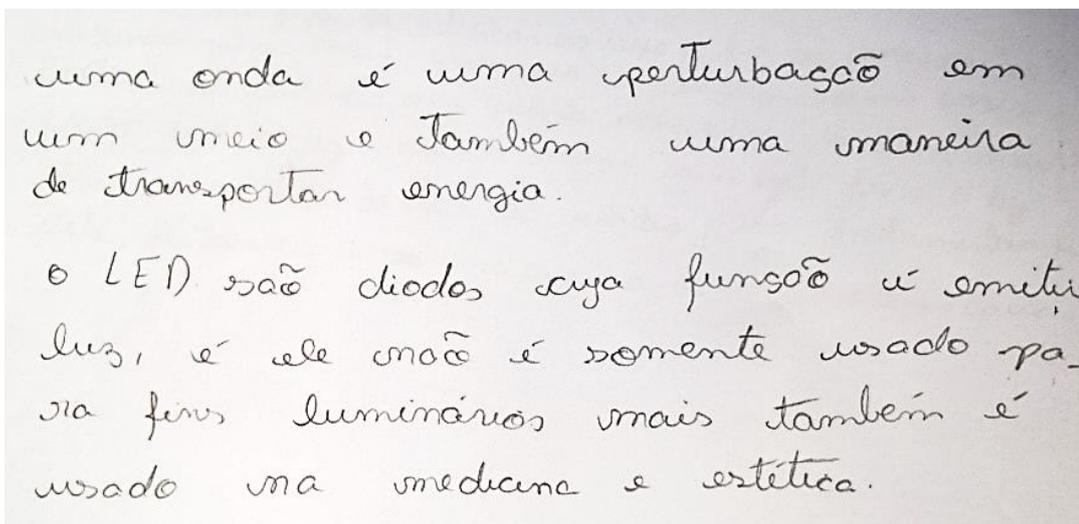
Figura 14. Trecho do relato de um aluno associando o comprimento de onda a cor do LED.



Os comprimentos de onda para a cor, onde existem os pontos do espectro

Fonte: autoria própria

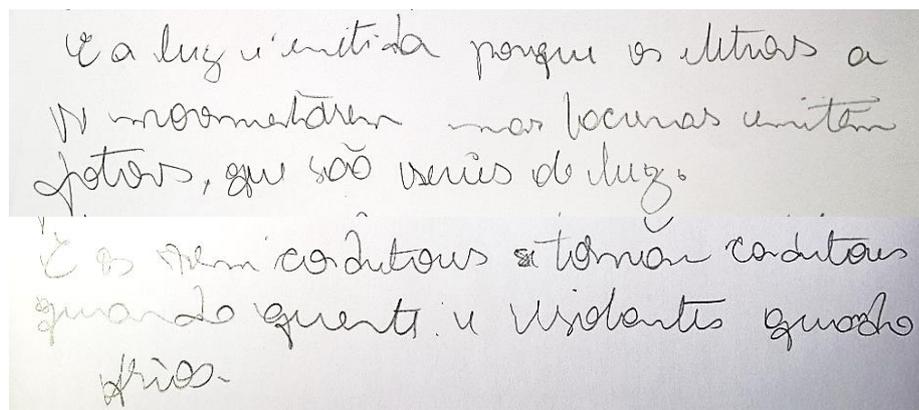
Figura 15. Trecho de um dos relatos onde o aluno fala sobre ondas e LED.



uma onda é uma perturbação em um meio e também uma maneira de transportar energia.  
O LED são diodos cuja função é emitir luz, e ele não é somente usado para fazer luminários mais também é usado na medicina e estética.

Fonte: autoria própria.

Figura 16. Trecho do relato de um aluno falando sobre materiais semicondutores.



Fonte: autoria própria.

Os trechos dos relatos acima mostram como alguns alunos relacionaram conceitos de física com o dispositivo LED. Mostram também que conceitos importantes como o que é uma onda, o que é um LED e o que são semicondutores foram assimilados de maneira correta por alguns dos alunos que participaram desta atividade.

De um modo mais geral, comparando a porcentagem de alunos que marcaram as opções corretas no questionário prévio, onde a média foi de 78,9% de acertos, com o segundo questionário, onde a média de acertos foi de 57,9%, é perceptível que os conceitos que os alunos já carregavam foram mantidos e novos conceitos foram adquiridos por eles no decorrer das aulas. Na atividade sobre a simulação computacional a média de acertos foi de 63,1%, o que pode ser considerada uma média razoável. No relato escrito sobre o experimento de demonstração, percebe-se que apenas um grupo atingiu todos os critérios estabelecidos, enquanto a participação dos outros grupos foi considerada boa, porém não em sua totalidade. O relato escrito final deixou claro que os alunos deixaram de compreender alguns conceitos importantes relacionados a explicação dos fenômenos ocorridos em um dispositivo LED.

Assim, podemos dizer que a Sequência Didática aplicada obteve resultados consideravelmente positivos quanto aos conceitos que pretendia que os alunos assimilassem e quanto às relações que deveriam ser feitas entre os conceitos físicos e o funcionamento do dispositivo. Porém esses conceitos poderiam ter sido melhor assimilados pela maior parte dos alunos se fossem retomados com a turma a tempo. Mas como citado anteriormente neste trabalho o mesmo não foi feito pela falta de tempo para a aplicação deste em sala aula.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste trabalho foi possível a busca pelas respostas a questionamentos como os levantados nas questões de pesquisa. Buscou-se também averiguar se os objetivos pretendidos foram alcançados. Para procurar tais respostas foi elaborada e aplicada uma Sequência Didática a alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual localizada no município de Laguna Carapã, interior do Mato Grosso do Sul.

A Sequência Didática procurou abordar conceitos de Física Moderna presentes na explicação do funcionamento do dispositivo diodo emissor de luz (LED) bem as como características elétricas e aplicações desses dispositivos no mundo atual. Para essa abordagem foi elaborado um texto de apoio ao professor contendo conteúdos de Física Clássica e de Física Moderna. A Sequência Didática contou ainda com atividades sobre uma simulação computacional e um experimento de demonstração com caráter investigativo.

Todas essas atividades foram divididas em momentos onde foi possível à professora explicar os assuntos sobre tipos e características das ondas, espectro eletromagnético, radiações ionizantes e não ionizantes, o modelo atômico de Bohr, semicondutores, a junção P-N e o conceito de LED bem como suas características e aplicações. Foram nesses momentos também que a professora teve a oportunidade de trabalhar com uma simulação computacional sobre onda em uma corda e com um experimento de demonstração para a verificação da variação da intensidade luminosa em um LED.

Conclui-se que as atividades diferenciadas, como simulações, experimentos, questionários e relatos contribuíram para que a coleta dos dados acerca da aprendizagem dos conceitos pelos alunos fosse satisfatória, mostrando que eles se envolviam mais em atividades onde sua participação fosse maior, como por exemplo a simulação computacional e o experimento de demonstração que teve um caráter investigativo, do que em atividades onde a fala principal era da professora. Percebeu-se que durante o segundo questionário alguns alunos tiveram dificuldades para expressar suas respostas para perguntas do tipo aberta e se sentiram mais confortáveis com as perguntas do tipo múltipla escolha e escolha binária.

Chegou-se à conclusão de que é possível a aplicação de uma Sequência Didática como essa no Ensino Médio, desde que os requisitos necessários para a compreensão dos conceitos de Física Moderna sejam preenchidos. Pode-se concluir também que houve indícios de

aprendizagem significativa de alguns alunos para alguns conceitos de Física Moderna como o átomo de Bohr, semicondutores e junção P-N já que em perguntas do questionário e em seus relatos foram mencionados tais conceitos de forma correta.

Assim, este estudo permitiu que fossem trabalhados conceitos de Física Moderna no Ensino Médio de uma forma leve e sem o peso das equações matemáticas que sempre os acompanham, uma vez que o conteúdo foi passado de forma conceitual, através de atividades variadas e diferenciadas. Então, respondendo a primeira questão de pesquisa “Como abordar conceitos de Física Moderna no Ensino Médio através dos fenômenos físicos presentes nos dispositivos LED em uma Sequência Didática?” foi elaborada a referida Sequência Didática, envolvendo conceitos sobre ondas, as características das ondas, radiação eletromagnética, radiações ionizantes e não ionizantes, a luz visível, o átomo de Bohr, o conceito de bandas de energia, materiais semicondutores, semicondutores dopados, o conceito de LED, características elétricas do LED e aplicações desse dispositivo, contextualizando os conceitos com o dispositivo em si. Para responder à segunda questão de pesquisa “Como essa Sequência Didática contribuiu para a aprendizagem de conceitos relacionados ao dispositivo?” foram analisados e discutidos os resultados obtidos com os instrumentos de coleta de dados, constatando-se que os alunos apresentaram uma aprendizagem significativa sobre os conceitos abordados se levando em conta o contexto geral. Porém, prestando atenção em instrumentos isolados, concluiu-se que em alguns instrumentos eles tiveram um melhor desempenho do que em outros, não podendo assim culpar a Sequência Didática por seus desempenhos inferiores, mas atribuindo-os ao instrumento em si, já que alunos tem mais dificuldades de se expressar de uma forma do que de outra.

Chegou-se também à conclusão de que os objetivos enunciados no início desta pesquisa foram atingidos, uma vez que a Sequência Didática abordando conceitos de Física Moderna através do dispositivo LED foi elaborada, a aplicabilidade dessa sequência foi averiguada, constatando-se que ela pode ser sim aplicada em turmas do Ensino Médio, e as contribuições deixadas por ela para o ensino de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio foram examinadas, chegando-se a conclusão de que ela contribuiu de forma positiva para a aprendizagem de novos conceitos por parte dos alunos envolvidos nesta pesquisa.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2000.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação: Lei nº 9.394/96** – Brasília, 1996.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? (Are the rules for Didactical Transposition applicable to the concepts of modern physics?). **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 387–404, 2005.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**, 23ª tiragem, Editora Campus, 1979.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**, 8ª ed., volume 2. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física: Óptica e Física Moderna**, 8ª ed., volume 4. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro, 2009.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa Crítica. **In: III Encontro Internacional Sobre Aprendizagem Significativa**, Lisboa, set. 2000.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. **Radiações Ultravioleta: Características e Efeitos**. Editora Livraria da Física. Sociedade Brasileira de Física. São Paulo, 2005.

OLIVEIRA, F.F. et al. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n.1, 2010.

PAIS, LUIZ Carlos. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PHET-COLORADO. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string)>. Acessado em novembro de 2016.

SÁ, E. F. et al. As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências. **In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. (2007)

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 49-67, nov. 2015.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. Jr. **Princípios de Física**, 1ª ed, volume 4. Thomson. São Paulo, 2007.

SILVA, J. M. N.; CARVALHO, J. P.; MOURA JÚNIOR, M. J. Estudo morfométrico da terapia LED de baixa potência em tendinite de ratos. **Fisioterapia e Pesquisa**, v.18, n.4, p. 365-70. São Paulo, 2011.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**, 6ª ed., volume 1. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. Rio de Janeiro, 2009.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no Ensino Médio: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 359-372, 1998.

WENDLING, M. **Diodo Semicondutor**. 2011. Disponível em <<http://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/2---diodo-semicondutor.pdf>> Acesso em 7 jun. 2017.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciência: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

## APÊNDICE A: PRIMEIRO QUESTIONÁRIO

O objetivo do questionário é verificar o conhecimento dos alunos quanto aos conceitos físicos dos dispositivos LED.

Nome do aluno: \_\_\_\_\_

- 1- As ondas fazem parte do nosso cotidiano, estamos cercados por elas o tempo todo. Sejam ondas de rádio, micro-ondas, ondas na água, no ar, em cordas de violões e instrumentos musicais. Do ponto de vista da física, uma onda é: (marque um X na resposta correta)
- a) (    ) Uma interação entre três corpos diferentes.
  - b) (    ) Uma perturbação produzida apenas nos mares.
  - c) (    ) Uma perturbação em um meio e também uma maneira de transportar energia de um lugar a outro sem a necessidade de transportar matéria.
  - d) (    ) Uma maneira de produção de eletricidade através de dínamos.
- 2- “Ondas transversais são aquelas que oscilam em uma direção e se propagam em outra.”  
Você concorda com essa afirmação? (Marque um X na resposta que você deseja)
- a) (    ) Sim
  - b) (    ) Não
- 3- O que é o espectro eletromagnético? (Marque um X na resposta correta)
- a) (    ) É o conjunto de todos os átomos existentes no universo.
  - b) (    ) É o conjunto das ondas eletromagnéticas incluindo a radiação visível.
  - c) (    ) É o conjunto das leis da física existentes.
  - d) (    ) É o conjunto das radiações visíveis.

- 4- No espectro da luz visível temos cores que variam do vermelho ao violeta. Porém a cor branca não se encontra ali presente, porque: (Marque um X na resposta correta)
- a) (    ) o espectro mostra a dispersão da luz branca que é formada por todas as cores.
  - b) (    ) não existe luz branca.
  - c) (    ) ela é a mistura das cores vermelho e azul.
  - d) (    ) ela é a mistura de todas as ondas eletromagnéticas do espectro visíveis e invisíveis.
- 5- Você já ouviu falar sobre materiais semicondutores? (Marque um X na resposta que você deseja).
- a) (    ) Sim.
  - b) (    ) Não.
- 6- Você já ouviu falar sobre o modelo atômico de Bohr? (Marque um X na resposta que você deseja).
- a) (    ) Sim.
  - b) (    ) Não.
- 7- Você já ouviu falar sobre o dispositivo LED? Caso a resposta seja sim, diga quais aparelhos você conhece em que esses dispositivos estão presentes.
- a) (    ) Sim. \_\_\_\_\_
  - b) (    ) Não.

## APÊNCIDE B: ATIVIDADE 1 – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

### Questionário sobre a simulação

Nome do aluno: \_\_\_\_\_

1- Que tipo de onda você identifica nessa simulação:

- a) ( ) mecânica
- b) ( ) eletromagnética

2- As ondas geradas são:

- a) ( ) transversais
- b) ( ) longitudinais

3- O que acontece com as cristas e os vales da onda quando a professora aumenta a amplitude da onda?

- a) ( ) ambos diminuem
- b) ( ) as cristas aumentam e os vales diminuem
- c) ( ) ambos aumentam
- d) ( ) as cristas diminuem e os vales aumentam

4- O que acontece com a velocidade de propagação da onda quando a professora aumenta sua frequência?

- a) ( ) aumenta
- b) ( ) diminui
- c) ( ) permanece a mesma

5- Anote os valores de tempo marcados no cronômetro da simulação.

Em qual das frequências escolhidas pela professora o período de oscilação foi maior?

- a) ( ) na maior frequência
- b) ( ) na menor frequência

## APÊNDICE C: ROTEIRO EXPERIMENTAL

### Experimento Circuito Simples para a Verificação da Mudança de Intensidade Luminosa de um LED

Este experimento foi retirado do site **Br-Arduino.org** Do LED ao Arduino: aprendendo eletrônica no século 21. Disponível em <<http://br-arduino.org/2014/11/meu-primeiro-circuito.html>> Acesso em nov. 2016.

#### OBJETIVO DO EXPERIMENTO

O objetivo desse experimento é verificar a variação da intensidade luminosa em um LED alterando a corrente que o atravessa.

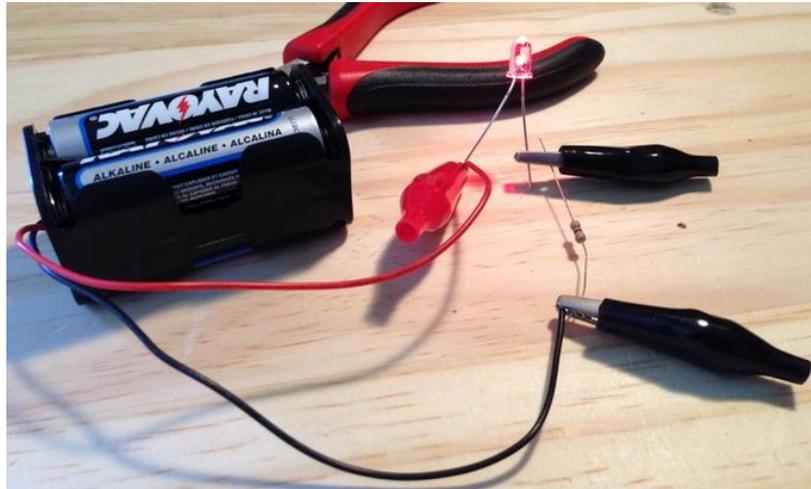
#### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 4 pilhas AA de 1,5 V;
- 1 porta pilha;
- 3 garras ou grampos;
- 1 LED;
- 1 resistor de 2200  $\Omega$
- 1 resistor de 820  $\Omega$
- 1 resistor de 470  $\Omega$

#### MONTAGEM DO EXPERIMENTO

Monta-se um circuito simples em série, onde o cabo vermelho do porta pilha (polo positivo) está ligado a um dos terminais do LED por meio de uma garra. O outro terminal do LED está ligado a um dos terminais de um resistor também por meio de uma garra. O outro terminal do resistor está ligado ao fio preto do porta pilha (polo negativo) também por meio de uma garra, fechando assim o circuito, como mostra a figura abaixo.

Figura 1.0 – Imagem de um circuito simples, em série para demonstração da intensidade luminosa de um LED.



Fonte: **Br-Arduino.org** Do LED ao Arduino: aprendendo eletrônica no século 21 <sup>1</sup>.

Inicia-se colocando o resistor de  $470 \Omega$ , assim, conforme for substituído pelos resistores de  $820 \Omega$  e  $2200 \Omega$  poderá perceber-se a variação da intensidade luminosa do LED. Por fim deverá ser recolocado o resistor de  $470 \Omega$  para que seja perceptível o aumento do brilho no LED.

## METODOLOGIA

Antes de iniciar o professor deve pedir para que os alunos façam anotações sobre o que estiver ocorrendo durante o experimento.

Num primeiro momento, deverão ser feitas perguntas sobre os componentes do circuito, tais como:

1- Vocês já viram um LED?

Após os alunos responderem, o professor deverá mostrar aos alunos o dispositivo LED. É importante deixar que os alunos peguem no dispositivo, que o analisem de perto. Em seguida pode-se fazer a seguinte pergunta:

2- Vocês já viram um resistor de circuito eletrônico?

Logo após a resposta deles, o professor deverá mostrar os resistores aos alunos. Deixar que eles toquem nas peças, sempre com sua supervisão. E então perguntar:

3- Vocês sabem como montar um circuito em série?

Logo após a resposta começar a montagem do circuito para que os alunos possam ver como

<sup>1</sup> Disponível em: <http://br-arduino.org/2014/11/meu-primeiro-circuito.html> Acesso em nov. 2016

se dá montagem de um circuito em série. O professor deve dizer alunos que está usando o resistor de menor valor, que é o de  $470 \Omega$ . Então ele deverá começar a fazer perguntas sobre a intensidade luminosa do LED, como:

4- O que vocês acham do brilho desse LED? Brilha muito?

5- E o que vocês acham que vai acontecer quando eu trocar o resistor de  $470 \Omega$  pelo de  $820 \Omega$ ?

Se eles não comentarem nada sobre a mudança no brilho, o professor poderá perguntar:

6- Vocês acham que o brilho dele vai aumentar ou diminuir?

Deverá ser feita a troca do resistor de  $470$  para o de  $820 \Omega$ , sempre dizendo aos alunos que valor de resistor está sendo usado.

O próximo passo será trocar o resistor de  $820$  pelo  $2200 \Omega$  mas, antes deve ser feita novamente a pergunta:

7- E o que vocês acham que vai acontecer quando eu trocar esse resistor pelo de maior valor, o de  $2200 \Omega$ ?

Após eles responderem a essa pergunta, o professor deverá retornar ao primeiro resistor utilizado, o de  $470 \Omega$ , fazendo antes a seguinte pergunta:

8- E quando eu colocar novamente o resistor de  $470 \Omega$ , que é o resistor de menor valor usado, o que irá acontecer com o brilho do LED?

Por último, o professor deve questionar os alunos:

9- E o que vocês conseguem concluir com as observações que vocês fizeram?

## ATIVIDADE

Neste momento o professor deverá pedir aos alunos para formarem grupos com no máximo 4 pessoas para que escrevam um texto em forma de relato descrevendo como ocorreu o experimento, quais foram os materiais utilizados e quais foram as conclusões que eles tiraram sobre suas observações durante o experimento.

## APÊNDICE D: SEGUNDO QUESTIONÁRIO

O objetivo do questionário é verificar o conhecimento adquirido pelos alunos quanto aos conceitos físicos relacionados aos dispositivos LED, depois de abordados os conteúdos com o material didático proposto.

Nome do aluno: \_\_\_\_\_

- 1- As ondas fazem parte do nosso cotidiano, estamos cercados por elas o tempo todo. Sejam ondas de rádio, micro-ondas, ondas na água, no ar, em cordas de violões e instrumentos musicais. Do ponto de vista da física, uma onda é: (marque um X na resposta correta)
- a) (    ) Uma interação entre três corpos diferentes.
  - b) (    ) Uma perturbação produzida apenas nos mares.
  - c) (    ) Uma perturbação em um meio e também uma maneira de transportar energia de um lugar a outro sem a necessidade de transportar matéria.
  - d) (    ) Uma maneira de produção de eletricidade através de dínamos.
- 2- “Ondas transversais são aquelas que oscilam em uma direção e se propagam em outra.” Você concorda com essa afirmação? (Marque um X na resposta que você deseja).
- a) (    ) Sim
  - b) (    ) Não
- 3- Uma onda se propaga com uma velocidade de 30 m/s em um meio. Sabendo que seu período de propagação é de 20 s, calcule o seu comprimento de onda.

---

---

---

- 4- O que é o espectro eletromagnético? (Marque um X na resposta correta)
- a) ( ) É o conjunto de todos os átomos existentes no universo.
  - b) ( ) É o conjunto das ondas eletromagnéticas incluindo a radiação visível.
  - c) ( ) É o conjunto das leis da física existentes.
  - d) ( ) É o conjunto das radiações visíveis.
- 5- No espectro da luz visível temos cores que variam do vermelho ao violeta. Porém a cor branca não se encontra ali presente, porque: (Marque um X na resposta correta)
- a) ( ) o espectro mostra a dispersão da luz branca que é formada por todas as cores.
  - b) ( ) não existe luz branca.
  - c) ( ) ela é a mistura das cores vermelho e azul.
  - d) ( ) ela é a mistura de todas as ondas eletromagnéticas do espectro visíveis e invisíveis.
- 6- Podemos classificar as radiações em ionizantes e não ionizantes. A qual grupo pertencem as radiações visíveis? Por quê?
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- 7- O que é um dispositivo LED? (Marque um X na resposta correta)
- a) ( ) São diodos comuns que não emitem luz.
  - b) ( ) São peças cuja função é a de resfriar os circuitos.
  - c) ( ) São peças usadas para reduzir a corrente elétrica de um circuito.
  - d) ( ) São diodos cuja função é emitir luz e são derivados dos diodos comuns.

8- Existem materiais que são isolantes por possuírem uma resistênciã muito alta, e materiais que são condutores por terem uma resistênciã muito baixa, e existem também os materiais semicondutores. Um semicondutor é: (Marque um X na resposta correta).

- a) ( ) Um material que em determinadas condições é isolante e em outras pode se tornar um condutor.
- b) ( ) Um material que é neutro, ou seja, nunca poderá ser condutor nem isolante.
- c) ( ) Uma propriedade de todo material condutor que permite que ele se torne isolante em determinadas condições.
- d) ( ) Um material feito de ouro que serve como condutor e isolante ao mesmo tempo.

9- “Segundo o modelo atômico de Bohr, os elétrons giram ao redor do núcleo do átomo em órbitas específicas, de acordo com a energia que cada um necessita para se prender ao núcleo. Quanto mais próximo do núcleo maior o nível de energia e quanto mais longe menor o nível de energia, por isso os elétrons são distribuídos sempre do nível de maior energia para o nível de menor energia.”

Esse texto informativo contém erros. Diga quais você consegue identificar nele.

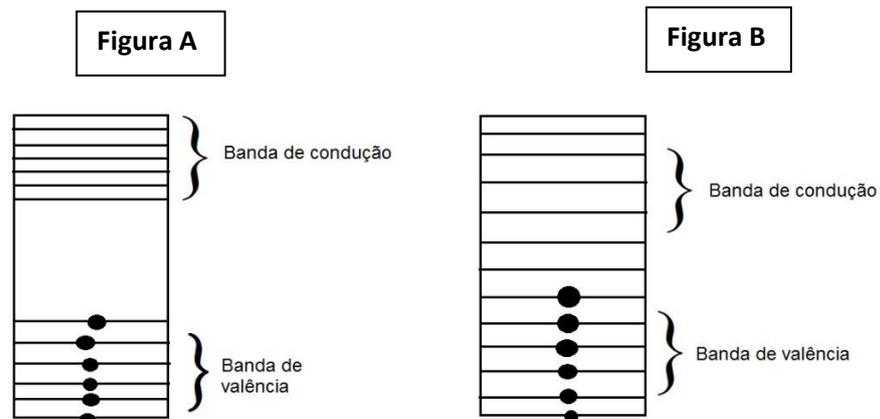
---

---

---

---

10- Analise as figuras abaixo e diga qual delas é a representação de um condutor e qual é representação de um isolante.

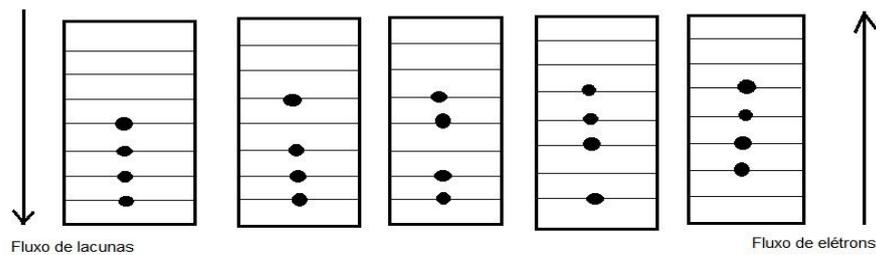


11- “Um semiconductor dopado é um semiconductor que possui impurezas na sua rede cristalina. Um semiconductor do tipo P é um semiconductor que foi dopado com uma impureza de forma que ele passe a ter excesso de elétrons e um semiconductor do tipo N é um semiconductor que foi dopado com uma certa impureza de forma que ele passe a ter excesso de lacunas. ”

Você acha que o texto informativo acima está correto? (Marque um X na resposta que você deseja).

- a) (    ) Sim, está correto.  
 b) (    ) Não, está incorreto.

12- A figura abaixo mostra como se dá o fluxo de elétrons e o fluxo de lacunas em um material semiconductor.



Um material semiconductor onde há predominância de lacunas é do tipo P que vem da palavra positivo. O que são essas lacunas? Por que são consideradas positivas?

---



---



---

13- O LED de cor branca é feito a partir do LED de outra cor principal. Qual cor é usado para fazer o LED de luz branca? (Marque um X na resposta correta).

- a) (    ) verde.  
 b) (    ) azul.  
 c) (    ) vermelho.

14- Existem alguns procedimentos estéticos e medicinais que utilizam luzes de LED para tais fins. Cite alguns desses procedimentos.

---

---

## ANEXO 1

A Senhora

Jaci Pereira Goettems

Diretora da Escola Estadual Álvaro Martins dos Santos

Secretaria de Estado de Educação do Mato Grosso do Sul – SED/MS

Assunto: Permissão para executar atividades de pesquisa na EE.

Prezado Senhora,

Como parte das atividades do projeto de pesquisa intitulado “Uma abordagem para o ensino de dispositivos LED no Ensino Médio”, solicito permissão para que eu, Adriéli Machado Alves, aluna do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, possa realizar atividades de coleta de dados junto a alunos do Ensino Médio em sua escola.

Tais atividades consistem em uma sequência didática com duração de seis encontros na qual serão apresentadas e discutidas questões relacionadas à Física Moderna e ao funcionamento do dispositivo LED. Os encontros serão gravados em áudio para posterior análise e os alunos serão informados previamente sobre os objetivos da pesquisa. Para participar, os alunos ou seus responsáveis terão que assinar termo de consentimento livre e esclarecido que detalha a proposta de pesquisa.

Respeitosamente,

---

Adriéli Machado Alves

## ANEXO 2

Você está sendo convidado (a) para participar da pesquisa intitulada **Uma abordagem para o ensino de dispositivos LED no Ensino Médio**, sob a responsabilidade dos pesquisadores Adriéli Machado Alves e Eriton Rodrigo Botero.

Nesta pesquisa estamos buscando entender é possível a aplicação de uma sequência didática para se abordar conteúdos relacionados à Física Moderna no Ensino Médio e a apropriação desses conteúdos pelos alunos. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será obtido pela pesquisadora Adriéli Machado Alves na **Escola Estadual Álvaro Martins dos Santos** antes do início das atividades.

Você participará de cerca de 6 aulas de Física na escola e nos horários em que estuda regularmente, utilizando material elaborado e cedido pela pesquisadora.

Antes e depois da abordagem dos conteúdos pela pesquisadora os alunos pesquisados receberão questionários para serem respondidos. Estes servirão para análise quanto à eficiência do material. Também serão feitas gravações de áudio durante as atividades, que também servirão de material de estudo para o trabalho. Após serem feitas as análises dos materiais coletados, os mesmos serão destruídos.

Em nenhum momento você será identificado. Os resultados da pesquisa serão publicados e ainda assim a sua identidade será preservada. Você não terá nenhum gasto ou ganho financeiro por participar na pesquisa.

Os possíveis benefícios serão a implementação de materiais didáticos de física para utilização no ensino médio, especificamente sobre abordagem de física moderna no ensino médio.

Você é livre para deixar de participar da pesquisa a qualquer momento sem nenhum prejuízo ou coação.

Uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com você.

Eu, \_\_\_\_\_, RG nº \_\_\_\_\_,  
responsável legal por \_\_\_\_\_, RG nº \_\_\_\_\_  
(se tiver) declaro ter sido informado e concordo com a sua  
participação, como voluntário, no projeto de pesquisa acima descrito.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do aluno ou seu responsável legal

Dourados, ..... de .....de 2016

---

Assinatura dos pesquisadores