

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Tobias de Assis Ricardo

**Aprendizagem Baseada em Projetos e Feira de Ciências: uma associação
motivadora para o aprendizado de Física Moderna**

Juiz de Fora

2019

Tobias de Assis Ricardo

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS E FEIRA DE CIÊNCIAS: UMA
ASSOCIAÇÃO MOTIVADORA PARA O APRENDIZADO DE FÍSICA MODERNA

Dissertação apresentada ao Programa de
Mestrado Nacional Profissional em Ensino
de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do título de Mestre em Ensino
de Física.

Orientadora: Giovana Trevisan Nogueira

Coorientador: Júlio Akashi Hernandez

Juiz de Fora
Agosto de 2019

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Ricardo, Tobias de Assis.

Aprendizagem Baseada em Projetos e Feira de Ciências: uma associação motivadora para o aprendizado de Física Moderna / Tobias de Assis Ricardo. – 2019.

153 p.

Orientadora: Giovana Trevisan Nogueira

Coorientador: Júlio Akashi Hernandez

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2019.

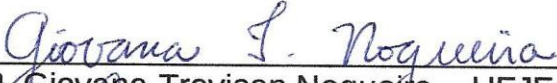
1. Ensino de Física. 2. Aprendizagem por projetos. 3. Espectrômetro. I. Nogueira, Giovana Trevisan , orient. II. Hernandez, Júlio Akashi , coorient. III. Título.

Tobias de Assis Ricardo


APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS E FEIRA DE CIÊNCIAS:
UMA ASSOCIAÇÃO MOTIVADORA PARA O APRENDIZADO DE
FÍSICA MODERNA

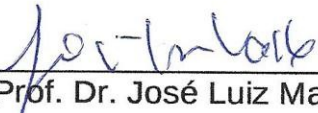
Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 02 de agosto de 2019 por:


Prof^a. Dr^a. Giovana Trevisan Nogueira – UFJF (Orientadora)


Prof. Dr. Júlio Akashi Hernandez – UFJF (Coorientador)


Prof. Dr. Nelson Studart Filho – UFABC


Prof. Dr. José Luiz Matheus Valle – UFJF

Juiz de Fora, MG
Agosto de 2019

Dedico este trabalho à minha esposa, que foi a minha maior incentivadora e que nos momentos difíceis me apoiou para que eu continuasse. E aos meus pais, que me educaram com valores e me ensinaram a lutar pelos meus ideais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar comigo em todos os momentos da minha vida, orientando-me e dando forças nos momentos difíceis, protegendo-me nas estradas e me dando inspiração para que esse trabalho fosse realizado.

À minha Família, que me deu o suporte necessário para que eu pudesse desempenhar com maior dedicação as minhas atividades diárias e, em especial, à minha esposa, que muitas das vezes foi privada da minha companhia devido à minha rotina intensa de trabalho e estudos e pela paciência que teve comigo nas bagunças que eu fazia em casa na construção dos equipamentos usados na pesquisa.

Ao corpo docente do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, que me inspirou a ser um profissional melhor por meio de suas experiências e ensinamentos.

Aos meus orientadores Giovana e Júlio, que estimularam o meu potencial, incentivando-me a investir em novas metodologias de ensino, e me apoiaram durante a minha pesquisa com orientações assertivas que me conduziram a realizar um trabalho de qualidade.

Aos diretores, aos coordenadores pedagógicos, aos meus alunos do 3º ano do Ensino Médio formandos em 2018 e alguns professores dos Colégios Estaduais Francisco Portella e Coronel José Rosa da Silva, que acreditaram no meu projeto e me deram todo o apoio para que ele pudesse ser implantado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos, muito obrigado!

RESUMO

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS E FEIRA DE CIÊNCIAS: UMA ASSOCIAÇÃO MOTIVADORA PARA O APRENDIZADO DE FÍSICA MODERNA

Tobias de Assis Ricardo

Orientador(es):

Giovana Trevisan Nogueira
Júlio Akashi Hernandes

Esta dissertação, cuja temática é o Ensino de Física no Ensino Médio, promove uma discussão a respeito do estudo da Física Moderna a partir da abordagem didática da Aprendizagem Baseada em Projetos e do uso da Feira de Ciências como elemento motivador e espaço para divulgação das pesquisas dos alunos. Para o seu desenvolvimento, foram efetuadas pesquisas bibliográficas em autores que se dedicam aos estudos especializados no Ensino de Física e, de maneira geral, nos teóricos do campo da Educação, com ênfase analítica nos estudos de William Bender, que delineou um modelo para a aplicação da técnica da Aprendizagem Baseada em Projetos, associando-a ao uso das modernas tecnologias digitais em sala de aula. Além dos estudos teóricos, foi desenvolvido um trabalho de campo em duas escolas da Rede Pública de Ensino do Estado do Rio de Janeiro. Em cada uma das escolas, foram aplicados quatro projetos de Física a alunos do Ensino Médio, sendo os produtos apresentados em Feiras de Ciências realizadas nas respectivas escolas. Os temas dos projetos abordaram a análise espectroscópica da luz emitida por diferentes modelos de lâmpadas e telas LED e a avaliação da influência dos vidros e películas na iluminação natural. Os projetos usaram um espectrômetro de produção artesanal que funciona conectado a um *notebook* rodando um programa digital disponível na internet no site *Spectral Workbench*, que possibilita o envio e a medição de espectros. Usaram, ainda, um espectroscópio portátil acoplado a um celular e aplicativos para esse aparelho, como o Luxímetro e o *Spectral UPB*. O corpo do trabalho foi organizado em 4 capítulos mais as considerações finais. O primeiro capítulo é composto pela introdução (em que é feito um breve histórico do autor, incluindo a sua motivação) pela justificativa, pelos objetivos e por uma breve explicação dos demais capítulos. O segundo capítulo discute o Ensino de Física e o referencial teórico, com conteúdos de Física Moderna e duas técnicas didáticas: a Aprendizagem Baseada em Projetos e a Feira de Ciências. O terceiro capítulo é fruto da pesquisa de campo e apresenta os projetos trabalhados com os alunos. O quarto capítulo estabelece uma relação entre os conteúdos trabalhados e os documentos oficiais que estabelecem diretrizes para o ensino da disciplina e apresenta um resumo do trabalho realizado em sala de aula no 4º bimestre, juntamente com alguns resultados obtidos em avaliações. Foi possível concluir com o estudo que é possível favorecer a aprendizagem dos alunos a partir de uma abordagem didática que trabalha com projetos que partem de questões significativas para os alunos. A aplicação do presente trabalho foi apresentada no Prêmio Shell de Educação Científica 2018 e obteve o 1º lugar na categoria Ensino Médio.

Palavras-chave: Ensino de Física, Aprendizagem por projetos, Espectrômetro.

Juiz de Fora
Agosto de 2019

ABSTRACT

PROJECT-BASED LEARNING AND SCIENCE FAIR: A MOTIVATIONAL ASSOCIATION FOR THE MODERN PHYSICS LEARNING

Tobias de Assis Ricardo

Supervisor(s):

Giovana Trevisan Nogueira

Júlio Akashi Hernandez

This dissertation, whose theme is the Teaching of Physics in High School, promotes a discussion about the study of Modern Physics from the didactic approach of Project Based Learning and the use of the Science Fair as a motivating element and space for the dissemination of students' research. For this development, bibliographical research was carried out in authors who specialize themselves in studies of Physics Teaching and in general in the Education theorists, with analytical emphasis in the studies of William Bender, who outlined a model for the application of the technique of Project-Based Learning, associating it with the use of modern digital technologies in the classroom. In addition to the theoretical studies, a field work was developed in two schools of the Public Education Network in the State of Rio de Janeiro. In school, four Physics projects were applied to high school students and the products were presented in Science Fairs held in the respective schools. The themes of the projects addressed the spectroscopic analysis of the light emitted by different models of lamps and LED screens and the evaluation of the influence of the glasses and films in the natural illumination. The projects used a handmade production spectrometer that works connected to a notebook running a digital program available on the Internet at the Spectral Workbench website, which enables the sending and measurement of spectra. They also used a portable spectroscope coupled to a cell phone and applications for this device, such as the Luximeter and Spectral UPB. The body of the work was organized in four chapters, plus the introduction and final considerations. The first chapter consists of the introduction, where a brief history of the author is made, including his motivation, justification, goals and a brief explanation of the other chapters. The second chapter discusses the Teaching of Physics and the theoretical reference, with contents of Modern Physics and two didactic techniques: Project-Based Learning and the Science Fair. The third chapter is the result of the field research and presents the projects worked with the students. The fourth chapter established a relation between the worked contents and the official documents that establish guidelines for the teaching of the discipline. It also presented a summary of the work done in the classroom in the 4th two-month period and some results obtained in tests as well. It was possible to conclude from the study that it is possible to favor students' learning from a didactic approach that works with projects that start with significant questions for the students. The application of this work was presented in the Shell Award of Scientific Education 2018 and got the 1st place in the High School category.

Keywords: Physics education, Project Learning, Spectrometer.

Juiz de Fora
August 2019

Sumário

Capítulo 1 Introdução.....	12
1.1 Um pouca da minha trajetória.....	12
1.2 Justificativa.....	15
1.3 Objetivos.....	15
1.3.1 Objetivo geral.....	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
1.4 Estrutura da dissertação.....	16
Capítulo 2 A Física e a Interface entre Técnicas de Ensino.....	18
2.1 Espectroscopia e a Física Moderna.....	21
2.1.1 Radiação de corpo Negro.....	22
2.1.1.1 As descobertas experimentais e a “catástrofe ultravioleta”....	24
2.1.1.2 A teoria de Max Planck para a radiação de corpo negro.....	25
2.1.2 O modelo atômico de Bohr e a emissão de luz.....	26
2.1.3 Espectro de emissão.....	27
2.1.4 Fontes de luz artificial.....	28
2.1.4.1 Lâmpada incandescente.....	29
2.1.4.2 Lâmpada fluorescente.....	30
2.1.4.3 Materiais semicondutores e diodos emissores de luz.....	32
2.2 Aprendizagem Baseada em Projetos.....	35
2.2.1 A teoria sociocultural de Vygotsky.....	42
2.3 Feira de Ciências.....	45
Capítulo 3 A Física, os Projetos e as Feiras de Ciências.....	50
3.1 Materiais e Tecnologias.....	51
3.2 A sala de aula.....	54
3.2.1 Iniciando o trabalho.....	54
3.2.2 Os alunos com a mão na massa.....	55
3.2.3 A culminância dos projetos.....	57
3.2.3.1 Feira de Física e Química da Escola 1.....	57
3.2.3.2 Feira do Conhecimento da Escola 2.....	58
3.3 Os projetos dos alunos.....	58
3.3.1 Projeto „O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar”.....	59
3.3.1.1 Trabalho desenvolvido na Escola 1.....	61
3.3.1.2 Trabalho desenvolvido na Escola 2.....	63
3.3.2 Projeto „Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?”.....	64
3.3.2.1 Trabalho desenvolvido na Escola 1.....	65
3.3.2.2 Trabalho desenvolvido na Escola 2.....	70
3.3.3 Projeto „Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas LED, incluindo as não certificadas pelo INMETRO”.....	74
3.3.3.1 Trabalho desenvolvido na Escola 1.....	75
3.3.3.2 Trabalho desenvolvido na Escola 2.....	80
3.3.4 Projeto „Telas de LED – o que precisamos saber!”.....	82
3.3.4.1 Trabalho desenvolvido na Escola 1.....	84
3.3.4.2 Trabalho desenvolvido na Escola 2.....	88
Capítulo 4 O currículo, as aulas de Física e as contribuições dos projetos para o aprendizado de tópicos de Física Moderna.....	92
4.1 A Física e o Currículo Básico do Estado do Rio de Janeiro.....	92

4.2 Tópicos de Ciências da Natureza da Base Nacional Comum Curricular.....	94
4.3 Adaptações no Currículo.....	96
4.4 Resultados.....	99
Considerações finais sobre o trabalho desenvolvido.....	105
Referências Bibliográficas.....	107
Apêndice A - Espectrômetros de baixo custo e projetos para o ensino do tópicos de Física Moderna no Ensino Médio	113
Ao professor(a).....	113
A1. Espectrômetro.....	115
A1.1. Espectrômetro 1.....	115
A1.1.1. Materiais necessários.....	116
A1.1.2. Como montar.....	117
A1.1.3. Instruções de uso.....	130
A1.2. Espectrômetro 2.....	131
A1.2.1. Materiais necessários.....	132
A1.2.2. Como montar.....	132
A1.2.3. Instruções de uso.....	135
A2. Utilizando os espectrômetros no contexto da Aprendizagem Baseada em Projetos	135
A2.1. Projetos sobre fontes de luz natural e artificial e sua relação com a vida humana.....	136
A2.1.1. Projeto 1- „O uso de películas e de diferentes tipos de vidro para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar“.....	136
A2.1.2. Projeto 2 –„Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?“.....	138
A2.1.3. Projeto 3 - „Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas <i>LED</i> , incluindo as não certificadas pelo INMETRO“.....	139
A2.1.4. Projeto 4 - „Telas <i>LED</i> – O que precisamos saber!“.....	140
A3. Feira de Ciências e ABP: uma associação motivadora para a construção do conhecimento.....	141
A3.1. Modelo de Projeto de Feira de Ciências com trabalhos escritos nos moldes da ABP.....	143
A3.1.1. Projeto de Feira de Ciências.....	143
Apêndice B – Panfletos confeccionados pelos alunos da escola 1	148
B1. Panfleto ‘O uso de Películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar’	149
B2. Panfleto ‘Descubra qual é a sua melhor opção de lâmpada!’.....	151
B3. Panfleto ‘Lâmpadas LED’	153
B4. Panfleto ‘Telas LED - O que precisamos saber!’	154

Capítulo 1

Introdução

1.1 Um pouco da minha trajetória

Um sonho que não acaba e a vontade de entender o porquê das coisas e como criá-las. Talvez isso seja o resumo de uma história alimentada pela vontade de explorar um mundo que pertence ao imaginário, na sede de que ele vire realidade.

Tempos atrás eu ficava imaginando um equipamento capaz de identificar as ligações químicas entre os átomos e, conseqüentemente, a composição de uma substância. A leitura era feita por meio de uma agulha especial ao entrar em contato com a substância. Esse tipo de imaginação me leva ao êxtase, porém em seguida aterrisso e sigo minha caminhada, satisfeito por ter vivido mentalmente tal experiência, feliz em pensar que alguém poderá realizá-la.

Por volta dos meus 15 anos, trabalhava como retireiro na propriedade rural do meu pai. Em meio àquela vida sofrida, não sabia o que era ter um dia de folga, pois o serviço era contínuo. O trabalho era intenso e a rotina dolorosa: acordar bem cedo, buscar as vacas no pasto, picar o capim, distribuí-lo nas cocheiras, prender as matrizes e proceder à ordenha manual. Depois era hora de buscar o cavalo no pasto e trazer o capim que meu irmão mais velho havia cortado. Após descarregá-lo, dirigia-me ao canavial para cortar a cana e também trazê-la ao curral. Já era quase a hora da segunda ordenha. No fim do dia, um banho bem caprichado para ir à escola, que sempre tratei com muito carinho, pois eu sabia que todo aquele aprendizado seria uma base para alcançar meus objetivos, para viver meus sonhos. E foi assim até terminar o curso de licenciatura em Física. Nessa época, eu não podia me dar ao luxo de me revoltar com a vida e muito menos inventar problemas, pois o tempo me era escasso. Em meio a cada tarefa diária, a dor e o cansaço muscular eram anestesiados pelas atividades escolares e revisões de conteúdos que eu fazia mentalmente. E ainda me sobrava tempo para imaginar e construir mentalmente carros voadores e viajar neles. Como era bom!

A minha infância foi mágica. Quase todos os domingos meus primos nos visitavam e no quintal da minha casa passávamos praticamente todo o dia. Construímos uma cidade que a nomeamos de Favela da Rocinha. Tinha de tudo. Ruas, casinhas, casa na árvore, parque de diversões, mercearia, escola, banco... A última construção foi uma delegacia, pois quem lhes escreve fabricou dinheirinho sem a permissão do banqueiro e começou a fazer compras em demasia, mas a crise de riso que me acometeu fez com que todos desconfiassem e o mistério foi revelado.

A nossa comunicação era feita por telefones sem fio. Usávamos lata de extrato de tomate e o barbante da minha mãe. Como era divertido! Até que um dia, na visita de primos do Rio de Janeiro, ganhei um *Walkie Talkie*, um rádio transmissor que permitia a comunicação mais distante do que o telefone sem fio. Mas as coisas não pararam por aí. Quando descobrimos que, através do rádio da minha avó, era possível ouvir nossas conversas, decidimos criar uma rádio, a qual demos o nome de Rádio Pirata. Tive a ideia de ligar o rádio transmissor a uma antena espinha de peixe que ficava em um bambu bem alto. Supimpa! O alcance do rádio foi bem melhor! A partir daí começamos a brincar de rádio até que a vizinha começou a reclamar da interferência e meu pai pediu que parássemos. Se a vizinha ouviu, eu não sei, mas a última edição foi destinada a ela.

Além do meu interesse pelas tecnologias de comunicação, havia também na escola uma atividade pedagógica que eu amava, as Feiras de Ciências... Como era bom! A minha primeira participação foi em 1995, quando estava na quinta série (sexto ano do atual Ensino Fundamental II), construí um destilador, cujo modelo encontrei na estante de livros da minha casa. E não é que funcionou? Teve até quem provasse a água. Talvez aí tenha sido o começo de uma relação mais intensa com a ciência, foi amor à primeira vista. Mas nem tudo eram flores. Em 1997, quando estava na sétima série, a Feira de Ciências da minha escola foi cancelada. Como foi chato aquele ano! Vários trabalhos foram realizados durante aqueles anos e guardo todos com carinho na minha memória.

O gosto pelas feiras e por experimentos esteve sempre vivo em mim e me acompanha até os dias de hoje. Na faculdade, participei do Programa de Iniciação Científica com o projeto „Ludoteca: Experimentando o Saber“, por meio do qual tive a oportunidade de desenvolver experimentos lúdicos para o Ensino de Física e Matemática.

Na minha vida profissional não foi diferente. Em todas as escolas onde trabalhei fui estimulador da implementação e resgate das Feiras de Ciências, pois acredito que eventos como esses, além de estimular o gosto pela ciência, deixam marcas na memória que levaremos para toda a vida.

O projeto desta dissertação, inicialmente não teria relação alguma com Feiras de Ciências. Em uma conversa na aula do professor José Roberto Tagliati, eu me lamentava por não poder organizar as feiras das escolas onde trabalho devido ao excesso de atividades por conta da própria pesquisa acadêmica e também do mestrado. Na ocasião, participava dessa aula o meu coorientador Júlio, que ouviu tudo, mas naquele momento não se manifestou.

Na semana seguinte, durante a orientação, os meus orientadores sugeriram relacionar o meu projeto com Feira de Ciências, fazendo dela um incentivador e um meio pelo qual os alunos poderiam expor os resultados de suas pesquisas. E terminaram a fala assim: “E o melhor de tudo, vai continuar tendo feira na sua escola!”. Mesmo sabendo do enorme desafio que teria, eu sorri e respondi que sim.

A ideia dos projetos começou a partir de um espectrômetro de baixo custo que eu havia construído e que inicialmente relacionaria espectroscopia com a astronomia. Mas, a partir da sugestão dos meus orientadores em utilizar a metodologia ativa, mais especificamente a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), eu escrevi quatro projetos em torno do tema „Fontes de luz natural e artificial e sua relação com a vida humana“. A base dos projetos foi a análise espectroscópica da luz e, para cada um, as equipes teriam que responder às suas respectivas questões motrizes. Para tanto, os alunos teriam à sua disposição diversos recursos físicos e digitais para que os resultados de suas pesquisas fossem o melhor possível.

Sonhar me fez alcançar lugares que jamais poderia imaginar pisar. A aplicação do presente trabalho foi apresentada no Prêmio Shell de Educação Científica 2018 e obtive o 1º lugar com premiação em dinheiro e uma viagem educativa a Londres, com a finalidade de conhecer um pouco da cultura e da educação na Inglaterra. Em Londres participei de atividades em escolas, universidade, museus,... e na *Royal Institution of Great Britain*, onde pude entrar no laboratório de Michael Faraday e no auditório onde ele e outros físicos importantes participaram de conferências.

Durante as atividades, procurei imprimir nos alunos a ideia de que o conhecimento é uma construção humana e que eles estavam participando deste processo com as pesquisas que estavam realizando. Procurei, ainda, trazer para as orientações a minha própria motivação construída a partir do brilho dos meus sonhos.

1.2 Justificativa

A ideia que levou à realização deste trabalho surgiu do pressuposto de que o estudo da Física Moderna tem sido um desafio para professores e alunos da Educação Básica. Então, conectar alguns conteúdos de Física Moderna com a realidade dos alunos através da metodologia ativa Aprendizagem Baseada em Projetos e utilizando a Feira de Ciências como parte desse processo, foi nossa principal estratégia para vencer esse desafio, uma vez que pode vir a levar alunos e professores a estabelecerem uma relação mais estrita com conteúdos pouco explorados, mas de imprescindível importância na formação de nossos discentes, e a despertar o engajamento na atividade de construção do conhecimento.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Trabalhar conceitos de Física Moderna através de projetos que conectam o ensino de Física com a realidade dos alunos, tendo como base o modelo de ensino Aprendizagem Baseada em Projetos.

1.3.2 Objetivos específicos

- 🌐 Desenvolver dois espectrômetros de baixo custo para uso dos alunos em atividades de pesquisa e investigação;
- 🌐 Desenvolver com os alunos projetos que envolvem espectroscopia no contexto da ABP;
- 🌐 Estimular uma postura ativa dos estudantes no processo de ensino/aprendizagem;
- 🌐 Associar elementos de Física Moderna a materiais do cotidiano;
- 🌐 Estimular nos estudantes uma postura crítica em relação ao uso de diferentes modelos de lâmpadas, telas *LEDs* e vidros e películas;

- 🌐 Implementar uma Feira de Ciências para apresentação dos projetos desenvolvidos pelos alunos e utilizar esta feira como elemento motivador para o desenvolvimento dos trabalhos;
- 🌐 Avaliar como projetos que envolvem a análise espectroscópica da luz, a ABP e as Feiras de Ciências contribuem para a aprendizagem de tópicos de Física Moderna;
- 🌐 Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- 🌐 Atrair jovens para a carreira científica, porque serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
- 🌐 Tornar a aprendizagem em Física mais atraente.

1.4 Estrutura da dissertação

Os capítulos que aqui serão apresentados foram organizados a fim de que o leitor perceba como foi organizado o trabalho didático e a importância dos conhecimentos teóricos para que o projeto tivesse força e consistência no seu objetivo de tornar a Física Moderna mais próxima do aluno e aplicada a sua realidade por meio de problemas reais que os incentivaram a pesquisar e a terem gosto pela Física Moderna e pela pesquisa.

O segundo capítulo discute o Ensino de Física e o referencial teórico, e apresenta o resultado da pesquisa didática que justificou o trabalho realizado com a implementação de novas metodologias e forneceu aportes teóricos na escrita dos projetos. Na primeira seção são apresentados alguns conteúdos de Física Moderna pertinentes ao trabalho, como Radiação de corpo negro, modelo atômico de Bohr, espectro de emissão e processos de emissão de luz, fundamentais para criação dos projetos. Na segunda seção foi descrita toda a parte teórica que embasou elaboração dos projetos referente à Aprendizagem Baseada em Projetos. E a terceira seção discute sobre Feira de Ciências e faz um paralelo dela com a Aprendizagem Baseada em Projetos.

O capítulo 3 é fruto da pesquisa de campo e apresenta os projetos trabalhados com os alunos para estudar o tema Fontes de luz natural e artificial e sua relação com a vida humana. Na primeira seção são apresentados todos os materiais e tecnologias utilizados pelos alunos durante suas pesquisas, materiais que estão mais bem apresentados no apêndice A. Na segunda seção é relatado o

trabalho de orientação do professor, o percurso dos alunos durante suas atividades e as Feiras de Ciências em que ocorreu a culminância dos projetos. E a terceira seção apresenta os projetos e mostra o resultado das pesquisas realizadas pelos alunos. No apêndice B são apresentados os panfletos confeccionados pelos alunos de umas das escolas onde os projetos foram implementados.

O capítulo 4 estabeleceu uma relação entre os conteúdos trabalhados e os documentos oficiais que estabelecem diretrizes para o ensino da disciplina. Neste capítulo também foi exposto um pouco do trabalho realizado em sala de aula ao longo do segundo semestre com foco no reflexo dos projetos nesse trabalho e o resultado de algumas atividades em avaliações realizadas pelos alunos.

Capítulo 2

A Física e a Interface entre Técnicas de Ensino

A Física é uma das disciplinas do Ensino Médio (EM) que integra, com a Biologia e a Química, a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Esse campo de estudos, ao lado da Matemática, tem sido apontado como ponto de desafio do último ciclo da Educação Básica, especialmente em decorrência do número de estudantes que apresentam deficiências de conhecimentos prévios e que têm dificuldades em compreender os conteúdos curriculares das respectivas disciplinas, problemas que terminam refletindo no desinteresse dos alunos e, em grau maior, na reprovação e na evasão dos mesmos (BONADIMAN e NONEN-MACHER, 2007; SANTOS e DICKMAN, 2019).

Analisando apenas o caso específico do Ensino de Física, não é possível apontar um único fator como consequência do mau desempenho do ensino-aprendizagem da disciplina, sendo destacado, desde o problema da reduzida carga horária semanal, que impossibilita o cumprimento do extenso número de conteúdos programáticos, até mesmo o da falta de infraestrutura das instituições de ensino e da escassez de profissionais licenciados em Física (SANTOS, 2017; SILVEIRA e GIRARDI, 2017).

Diante do número de conteúdos da grade curricular, muitas vezes sintetizados para serem contemplados nos livros didáticos do EM adotados de acordo com o ano de escolaridade, o professor se vê obrigado a selecionar os itens que abordará e a pincelar tópicos desconexos para dar conta de „cumprir“ o que foi planejado (ROSA e ROSA, 2005).

Esses problemas apontados certamente repercutem em outra situação. Eles não favorecem a adoção de novas estratégias de ensino e colaboram para a continuidade de uma prática didática que não é adequada aos estudantes do século XXI, a prática tradicional de ensino (SANTOS, 2017).

O modelo tradicional de ensino adotado por muitas escolas conduz a disciplina privilegiando a teoria e a abstração, apresentando-a a partir de conceitos, leis e fórmulas sem que ocorra uma contextualização, ou seja, de forma distante da realidade dos alunos, que passam a ter dificuldade de atribuir significado às tarefas desenvolvidas em sala de aula. Cria, dessa forma, uma *“lacuna entre os conteúdos trabalhados em sala de aula e a realidade dos alunos, o que gera*

um ambiente pouco favorável à curiosidade e ao interesse dos mesmos para a Física, variáveis essenciais à motivação para aprender” (PAIVA et al. 2019, p.e3404-2).

O foco na memorização e a discussão superficial dos conceitos fundamentais não permitem a correta relação entre o fenômeno estudado e o modelo teórico usado para descrevê-lo.

Deste modo, durante a exposição do professor o estudante tem dificuldades em abstrair a situação-problema a ser resolvida mesmo que esta remeta a uma situação cotidiana e tão pouco é capaz de interpretá-la em termos de um modelo teórico devidamente fundamentado nos princípios da Física. Consequentemente, a resolução de listas de exercícios e avaliações se resume a decorar „tipos de questões” e saber qual a fórmula matemática que se deve aplicar a cada tipo. (SANTOS, 2017, p.10)

Em decorrência do insucesso de aulas tradicionais em torno de um currículo obsoleto, revelado também pelos resultados do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e de avaliações externas em larga escala (BARROSO, RUBINI e SILVA, 2018), diversas pesquisas passaram a ser realizadas para identificar as mudanças necessárias diante desse cenário e para descobrir e validar estratégias e propostas metodológicas mais eficientes para o Ensino de Física no EM.

Mas não é só no campo da pesquisa que a área do Ensino de Física vem se expandindo e ganhando identidade própria. Novas propostas, planejadas seguindo os conhecimentos produzidos nas academias, têm se consolidado como tendências contemporâneas (SALEM, 2012).

Uma das vertentes que têm recebido aceitação é a introdução na grade curricular do Ensino Médio dos tópicos de Física Moderna (FM), contendo as teorias surgidas a partir do início do século XX e que trouxeram novos conhecimentos sobre os fenômenos físicos da matéria e sobre a relatividade, com o objetivo de desenvolver nos alunos conhecimentos que os ajudem a compreender o mundo, especialmente nas questões referentes à energia, à massa, ao espaço e tempo. (OLIVEIRA, VIANNA e GERBASSI, 2007; DOMINGUINI, 2012; DOMINGUINI, MAXIMIANO e CARDOSO, 2012).

O caminho da inclusão da Física Moderna no Ensino Médio contou com o apoio daqueles que defendem que ela possibilita trabalhar com questões mais atuais que remetem a artefatos e situações mais comuns do cotidiano dos alunos. De modo geral, os estudos que têm amparado a inserção da Física Mo-

terna no Ensino Médio convergem para a visão de que é necessário que os alunos compreendam o mundo atual, tanto no que se refere à cultura científica, quanto ao desenvolvimento tecnológico (MORAIS e GUERRA, 2013).

Nesse sentido, a Física deve apresentar-se como

um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado. (OLIVEIRA, 2011, p.27)

Esse novo paradigma do Ensino de Física, que repercutiu na inclusão da Física Moderna na grade dos anos finais da Educação Básica, corrobora com a ideia do indivíduo contemporâneo que se pretende formar, ou seja, um cidadão solidário, atuante e, com base em instrumentos, capaz de compreender, intervir e participar da realidade do mundo em que vive (SANTOS, 2017).

No entanto, ainda há entraves que dificultam o ensino da disciplina e a consecução de todos esses objetivos. Aos dilemas referentes ao Ensino de Física aqui destacados, que giram em torno de refletir sobre o que e para que ensinar, soma-se outro. Há ainda o desafio científico de pensar em como despertar nos alunos o interesse pelo estudo dessa disciplina e a compreensão de que seus conteúdos têm aplicação no mundo prático e que esta dissertação segue nessa direção.

Alinha-se com a perspectiva de que as metodologias tradicionais de ensino, que são conduzidas principalmente promovendo a exposição de conteúdos pelo professor, não são a maneira mais adequada para trabalhar com alunos de Ensino Médio e de que há outras metodologias de ensino que podem fazer com que os estudantes se interessem mais pelos assuntos científicos e passem a participar de forma ativa e comprometida com o seu processo de ensino-aprendizagem (BOFF, 2015).

Corroborar também com a ideia de que as metodologias ativas são mais adequadas ao Ensino de Física, uma vez que as metodologias tradicionais, que se baseiam predominantemente na informação verbal e que requerem do aprendiz apenas o exercício de operações abstratas ou mesmo da memorização repetitiva, são desestimulantes e não favorecem a aprendizagem (SANTOS, 2017).

Ressalta-se, entretanto, que o estudo concorda que é um equívoco pensar que as aulas expositivas devem ser totalmente abolidas apenas por serem caracterizadas como „tradicionais”, uma vez que também podem ser relevantes diante da forma como se organiza o ensino-aprendizagem de alguns tópicos (OLIVEIRA, ARAUJO, VEIT, 2016).

Além disso, na construção dos modelos teóricos de Física, a abstração é *“importante e necessária, mas, para que ela se efetive com maior significação, o fenômeno físico deverá ser também trabalhado em seus aspectos práticos, de modo a envolver plenamente o estudante”* (SANTOS, 2017, p.60).

O que se pretende evidenciar neste estudo é que o professor não precisa se fixar a um único método de ensino, principalmente se ele for mais restritivo. Pode se abrir às inúmeras possibilidades metodológicas e usá-las de acordo com os objetivos que busca alcançar diante do que planejou para as unidades de ensino.

Nessa direção, após este estudo ter iniciado abordando o Ensino de Física, especialmente destacando a importância do estudo da Física Moderna, este Capítulo prossegue com alguns tópicos de Física Moderna importantes na elaboração dos projetos e refletindo sobre duas técnicas que podem ser usadas no Ensino de Física para possibilitar que os alunos tenham mais interesse pelos assuntos científicos e participem de forma mais ativa do processo de ensino-aprendizagem, construindo assim conhecimentos necessários para as suas participações como cidadãos responsáveis pelo mundo em que vivem: a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) e a Feira de Ciências.

2.1 Espectroscopia e a Física Moderna

O espectro eletromagnético da luz visível é fascinante e pode ser visualizado em fenômenos naturais como no arco-íris, quando se pulveriza as plantas durante o dia, e também por meio de instrumentos ópticos, como prismas e espectroscópios.

No século XVIII, Newton havia descoberto que, em um prisma óptico, a luz branca se decompõe em todas as cores do arco-íris. Na segunda metade do século XIX descobriu-se que, quando a luz emitida por uma substância aquecida até a incandescência passa por um prisma óptico, aparecem raias coloridas. Para cada substância obtém cores diferentes. (CASSINELLO; GÓMEZ, 2017, p.17)

Cavalcante et al. (2005) comentam que em 1859, Kirchhoff e Bunsen deduziram a partir de suas experiências que cada elemento emite em determinadas condições um espectro característico exclusivo desse elemento, descobriu-se não só uma propriedade fundamental da matéria, mas também um poderoso método de análise. É importante notar que praticamente tudo que se sabe sobre a composição química dos astros se deve aos avanços da espectroscopia. Mas as contribuições da espectroscopia são inúmeras.

Assim dizia um químico do século XIX: “Já não é necessário tocar um corpo para determinar sua natureza; basta vê-lo”. É possível identificar um elemento por seu espectro. De fato, Kirchhoff e Bunsen conseguiram descobrir a existência de elementos desconhecidos até então. E identificaram elementos contidos na atmosfera do sol analisando em detalhes o espectro da luz proveniente dele. (A astronomia adquiria um novo impulso e se transformava em astrofísica: era possível estudar a composição dos corpos celestes apenas analisando a luz que recebemos deles (CASSINELLO; GÓMEZ, 2017, p.17 e 18).

No século IX, os progressos nas técnicas de espectrometria juntamente com o aperfeiçoamento dos aparelhos de medida permitiram catalogar diversos comprimentos de onda dos elementos até então conhecidos. A astrofísica, além de determinar a composição e temperatura das estrelas, permite estudar o movimento dos corpos celestes, por Efeito Doppler. Mas, foi na física do final do mesmo século e início do século XX, com o estudo do espectro de emissão de um corpo negro, que a espectrometria impulsionou o surgimento do que chamamos de Física Moderna (CAVALCANTE et al, 2005).

2.1.1 Radiação de corpo negro

A radiação térmica pode ser emitida por um corpo a qualquer temperatura. Um corpo a temperatura ambiente, emite ondas eletromagnéticas na forma de radiação térmica na região do infravermelho. À medida que a temperatura superficial do corpo aumenta, este finalmente começa a brilhar com luz visível ver-

melha. A temperaturas suficientemente altas, o corpo brilha com uma cor branca, como no caso do filamento de tungstênio quente de uma lâmpada incandescente.

Corpo negro é uma cavidade que absorve todos os comprimentos de onda da radiação eletromagnética que incide sobre ela, e também é o melhor emissor de ondas eletromagnéticas para qualquer frequência cujo espectro é uma distribuição contínua de comprimentos de onda (Figura 1). A intensidade da radiação de corpo negro varia com a temperatura e o comprimento de onda.

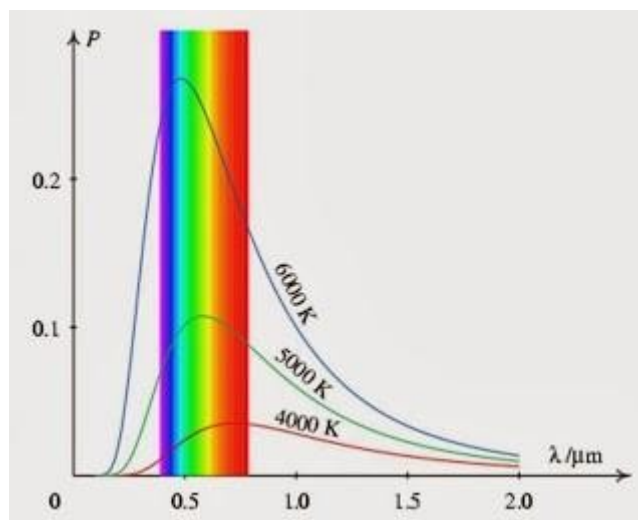


Figura 1: Espectro de um corpo negro em diferentes temperaturas. Fonte: <http://www4.pucsp.br/webduino/experimentos/corpo-negro-com-arduino/teoria.html>

Uma boa aproximação de um corpo negro é um pequeno orifício que leva ao interior de um corpo oco (Figura 2). A natureza da radiação que sai da cavidade através do orifício depende apenas da temperatura das paredes da cavidade e não do material do qual elas são feitas (JEWETT JR; SERWAY, 2012).

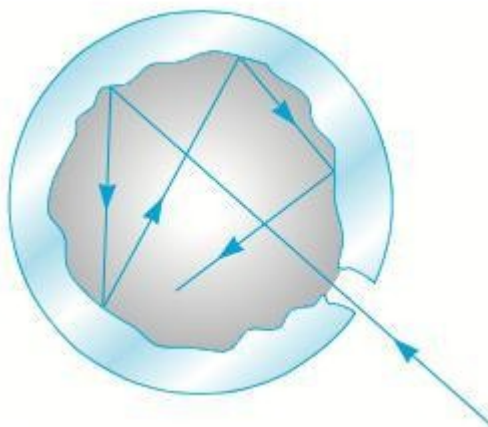


Figura 2: Um modelo físico de corpo negro. Fonte: <https://docplayer.com.br/47587140-Radiacao-do-corpo-negro.html>

2.1.1.1 As descobertas experimentais e a “catástrofe ultravioleta”

Por meio de estudos os cientistas chegaram a duas descobertas importantes:

1. A potência total da radiação emitida aumenta com a temperatura.

$$P = \sigma A e T^4 \quad (\text{Lei de Stefan}) \quad (1)$$

onde P é a potência em watts irradiada em todos os comprimentos de onda da superfície de um corpo; $\sigma = 5,670 \times 10^8 \text{ w/m}^2 \cdot \text{k}^4$ é a constante de Stefan-Boltzmann; A é a área superficial do corpo em metros quadrados; e a emissividade da superfície e T , a temperatura superficial em kelvins. No caso de um corpo negro, a emissividade é exatamente $e=1$.

2. O pico da distribuição de comprimentos de onda desloca para comprimentos mais curtos à medida que a temperatura aumenta. Este comportamento foi nomeado de lei do deslocamento de Wien:

$$\lambda_{\text{máx}} T = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m.K} \quad (2)$$

onde $\lambda_{\text{máx}}$ é o comprimento de onda para o qual a curva apresenta um pico e T é a temperatura absoluta da superfície do corpo que emite a radiação.

Agora, o desafio era chegar à teoria que descrevesse a forma das curvas obtidas experimentalmente (Figura 1) a partir Lei de Stefan-Boltzmann e da Lei do deslocamento de Wien. As primeiras tentativas falharam.

Consideremos umas dessas primeiras tentativas. Para descrever a distribuição de energia de um corpo negro, definimos $I(\lambda, T)d\lambda$ como a intensidade, ou a potência por unidade de área, emitida no intervalo de comprimento de onda $d\lambda$. O resultado de um cálculo com base em uma teoria clássica de radiação de corpo negro conhecida como lei de Rayleigh-Jeans é

$$\text{—————} \quad (\text{lei de Rayleigh-Jeans}) \quad (3)$$

Onde k_B é a constante de Boltzmann.

Para comprimentos de onda longos, a lei de Rayleigh-Jeans apresenta uma correspondência razoável aos dados experimentais. Porém, para comprimentos de onda curtos, uma defasagem é observada (Figura 3).

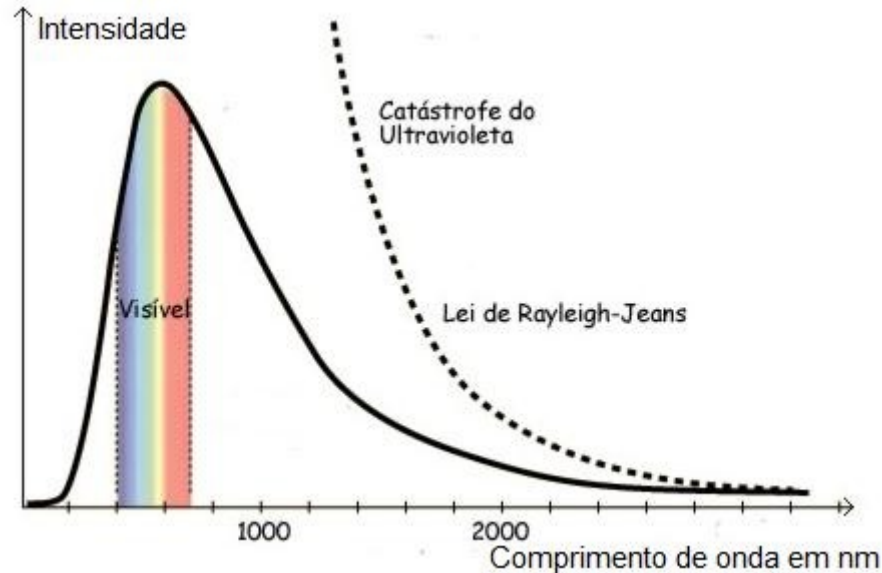


Figura 3: Comparação dos resultados experimentais com a curva determinada pela lei de Rayleigh-Jeans. Fonte: https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n25_Alvarenga/corpo_negro.htm.

Os dados experimentais mostram que, à medida que λ se aproxima de zero, a intensidade também se aproxima de zero.

“A Solução de Rayleigh e Jeans sobre o espectro crescente era particularmente problemática e previa liberação infinita de energia em comprimentos de onda na faixa do ultravioleta” (BAKER 2015, p. 13). Esse problema era conhecido como a “catástrofe ultravioleta”.

2.1.1.2 A teoria de Max Planck para a radiação de corpo negro

Em 1900, Max Planck desenvolveu uma teoria da radiação de corpo negro que leva a uma equação para a intensidade que se ajusta aos resultados experimentais para todos os comprimentos de onda. Para Planck, a radiação da cavidade se originava de osciladores atômicos nas paredes desta e a partir daí apresentou uma suposição ousada e controversa referente à natureza dos osciladores nas paredes da cavidade:

- A energia de cada um dos osciladores na parede da cavidade pode ter apenas determinados valores discretos E_n :

$$E_n = nhf \quad (4)$$

onde n é um inteiro positivo chamado número quântico, f a frequência do oscilador e h um parâmetro introduzido por Planck, atualmente conhecido como constante de Planck.

Os osciladores emitem ou absorvem energia ao transitar de um estado quântico para outro. Toda a diferença de energia entre os estados inicial e final na transição é emitida ou absorvida na forma de um único *quantum* de radiação (JEWETT JR; SERWAY, 2012).

A partir da lei de distribuição de Boltzmann, cuja probabilidade de um estado ocupado é proporcional ao fator $e^{-E/T}$, onde E é a energia do estado, Planck obteve uma expressão teórica para a distribuição de comprimentos de onda que apresentavam uma excelente correspondência com as curvas experimentais.

(5)

em que c é a velocidade da luz, k é a constante de Boltzmann, T é a temperatura absoluta do objeto e λ é o comprimento de onda. Esta função inclui o parâmetro h , que Planck ajustou de modo que sua curva correspondesse aos dados experimentais para todos os comprimentos de onda. O valor deste parâmetro é considerado independente do material do qual o corpo negro é feito e da temperatura. Trata-se de uma constante fundamental da natureza. O valor de h , a constante de Planck, é (JEWETT JR; SERWAY, 2012):

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s.}$$

2.1.2 O modelo atômico de Bohr e a emissão de luz

No final do século XIX, físicos começaram a desmontar o átomo. Primeiro eles revelaram os elétrons e então o núcleo, constituído de prótons e nêutrons.

Cassinello e Gómez (2017) explicam que em 1911, Rutherford descobriu que o átomo era formado por um núcleo de carga elétrica positiva de tamanho muito pequeno em relação ao seu tamanho total, sendo que este núcleo, que conteria praticamente toda a massa do átomo, estaria sendo rodeado por elétrons de carga elétrica negativa, os quais descreveriam órbitas helicoidais em altas velocidades. A imagem inevitável era de um pequeno sistema planetário:

os elétrons orbitam o núcleo em diferentes níveis ou camadas. Cada órbita corresponde a uma energia determinada.

Em 1913, o Físico dinamarquês Niels Bohr aprimorou o modelo de átomo de Rutherford ao determinar como os elétrons se arranjam em torno do núcleo. Bohr postulou que nem todas as órbitas eram possíveis. Os elétrons só podiam se mover em órbitas com determinadas energias dependentes dos números naturais 1, 2, 3 ... (Figura 4). O estado que corresponde a $n = 1$, o de menor energia recebe o nome “fundamental”. Os demais ($n = 2, 3...$), de raios e energias maiores, chama-se estados “excitados”. As órbitas se tornam, assim, “quantizadas”. Então, quando um elétron salta de uma órbita ou nível energético a outro, emite ou absorve luz de uma determinada frequência, que depende do tamanho do salto. Concretamente, quando um elétron passa do estado “fundamental” a um “excitado”, absorve luz. Porém, quando passa a um estado de menor energia, emite luz (CASSINELLO; GÓMEZ, 2017).

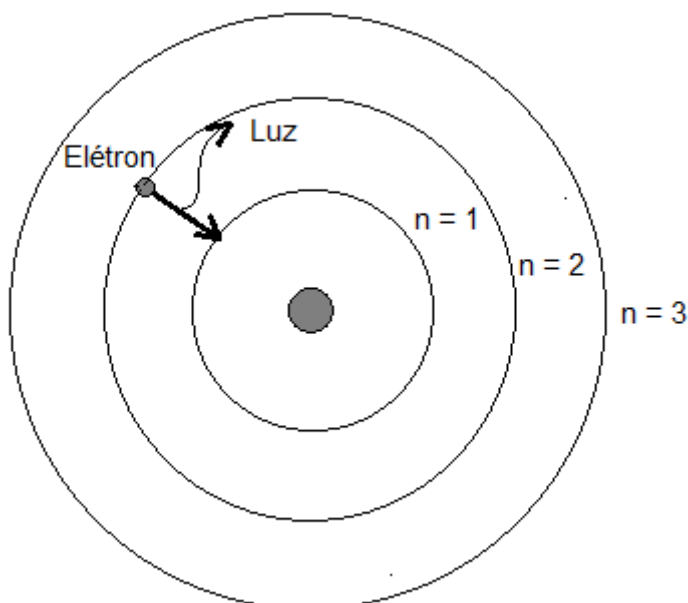


Figura 4: Modelo de Bohr. Fonte: CASSINELLO; GÓMEZ, 2017, p. 19 (modificada).

Dessa maneira, Bohr pôde descrever o conjunto de energias do hidrogênio, o átomo mais simples, com um elétron orbitando um único próton.

2.1.3 Espectro de emissão

Cada elemento químico tem seu próprio padrão característico de níveis de energia e, portanto, emite luz de acordo com seu padrão característico de fre-

quências, ou espectro de emissão, quando excitado. Esse padrão pode ser visto utilizando um espectrômetro, um dos mais úteis instrumentos da ciência moderna (HEWITT, 2002).

O espectrômetro é um instrumento óptico composto basicamente por uma rede de difração e um captador (sensor fotovoltaico). Sua função é medir as propriedades da luz em uma determinada faixa do espectro eletromagnético. Para a luz visível, a rede de difração atua como um prisma, separando espacialmente a luz em feixes de onda aproximadamente monocromáticos, que são as cores componentes do espectro e, através do captador, será dada a leitura da intensidade luminosa de cada comprimento de onda que existe na composição da luz incidente.

O elemento mais simples, o hidrogênio, produz no prisma quatro raias: duas violetas, uma azul-esverdeada e outra vermelha. Essas raias constituem o espectro visível do hidrogênio (Figura 5).



Figura 5: Espectro de emissão do átomo de hidrogênio. Fonte: <https://www.antonioguilherme.web.br.com/blog/tag/modelo-de-bohr/>.

Cada cor componente é focada em uma posição bem definida de acordo com sua frequência e forma uma imagem da fenda sobre a tela, filme fotográfico ou detector apropriado. As imagens coloridas da fenda são chamadas linhas espectrais (HEWITT, 2002).

2.1.4 Fontes de luz artificial

Nos projetos sobre fontes de luz natural e artificial e sua relação com vida humana, que serão apresentados posteriormente, as lâmpadas incandescente, halógena, fluorescente e *LED*, as telas de *LED* e o Sol foram utilizadas em toda parte experimental, ou sendo elas mesmas o objeto de estudo, ou utilizadas como referência para o estudo de vidros, películas e filmes. Sendo assim, as subseções a seguir descreverão alguns fenômenos e materiais que nos ajudam a entender o processo de emissão de luz por essas fontes de luz.

2.1.4.1 Lâmpada incandescente

A incandescência consiste no processo de emissão de luz por um corpo sob alta temperatura. O que torna diferente a luz emitida por uma lâmpada incandescente da luz emitida por um tubo de neônio, ou uma lâmpada de vapor de mercúrio é o processo de emissão de luz e o espectro produzido. No caso da lâmpada incandescente, o processo de emissão de luz ocorre devido ao fenômeno de radiação de corpo negro, discutido na seção 2.1.1. Seu espectro é contínuo, semelhante ao da Figura 1. No caso de lâmpadas com gás (a de Neônio, por exemplo) o processo de emissão de luz se dá por mudança eletrônica de níveis de energia. O espectro produzido é composto por linhas estreitas, semelhantes ao da Figura 5, cujos comprimentos de onda de cada linha e o número de linhas dependem da composição do gás.

Quando uma corrente elétrica percorre o filamento de uma lâmpada incandescente, ele se aquece, e partir de certa temperatura começa emitir luz visível. A figura 6 mostra o espectro de uma lâmpada incandescente de 60 W, medido com um espectrômetro comercial. Neste caso, o pico de emissão encontra-se em 665 nm (vermelho) e aproximadamente a metade da radiação emitida encontra-se na região do visível, abaixo de 700 nm.

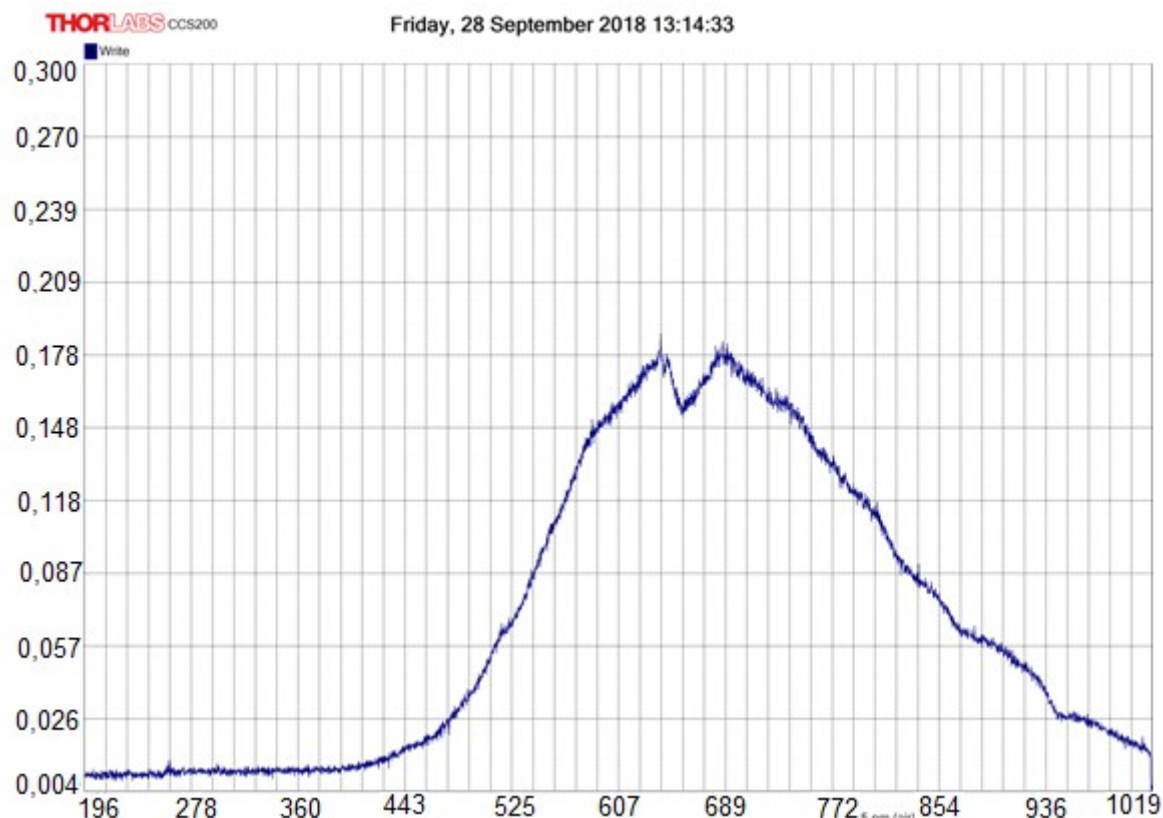


Figura 6: Espectro emitido por uma lâmpada incandescente 127V/60W. Fonte: acervo do autor.

2.1.4.2 Lâmpada Fluorescente

As lâmpadas fluorescentes possuem quatro componentes básicos: um tubo de vidro transparente, dois eletrodos (um em cada ponta), uma mistura de gases e um material que reveste internamente o tubo (Figura 7).

No interior da lâmpada de mercúrio, por exemplo, um dos eletrodos, devido à corrente alternada, transmite aos elétrons uma agitação, forçando-os a oscilar violentamente. O impacto dos elétrons excita o vapor de mercúrio. Os elétrons que ocupam níveis de energia elevados no interior do átomo excitado apresentam tendência de “saltar” para um estado de menor energia. Em cada uma desses “saltos” ocorre a emissão de um fóton de luz que por sua vez atinge a camada de fósforo, um material em pó que recobre a superfície interna do tubo. A camada fosforescente é excitada pelos fótons de ultravioleta absorvidos, tornando-se fluorescente e emitindo uma grande quantidade de fótons de frequências mais baixas, que se combinam produzindo a luz branca (HEWITT, 2002).

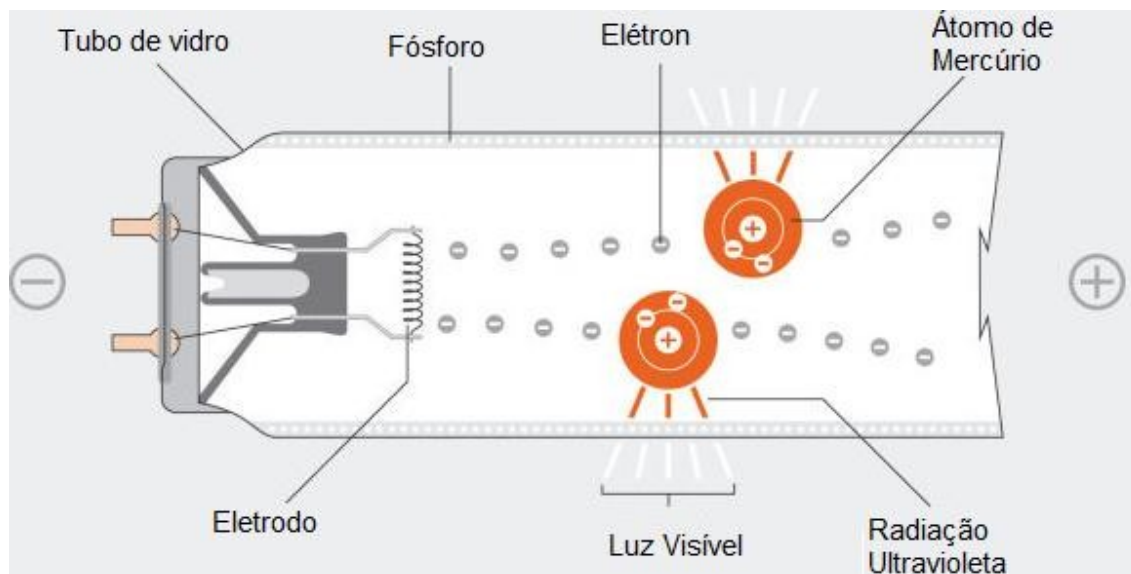


Figura 7: Lâmpada Fluorescente. Fonte: <https://www.ledvance.pt/produtos/conhecimentos-sobre-o-produto/lampadas-fluorescentes/conhecimentos-profissionais/index.jsp>

O espectro da luz de uma lâmpada fluorescente possui linhas brilhantes, originadas na emissão do vapor de mercúrio, portanto apresenta as linhas típicas deste elemento. O espectro contínuo é originado na emissão do revestimento de fósforo (Figura 8).

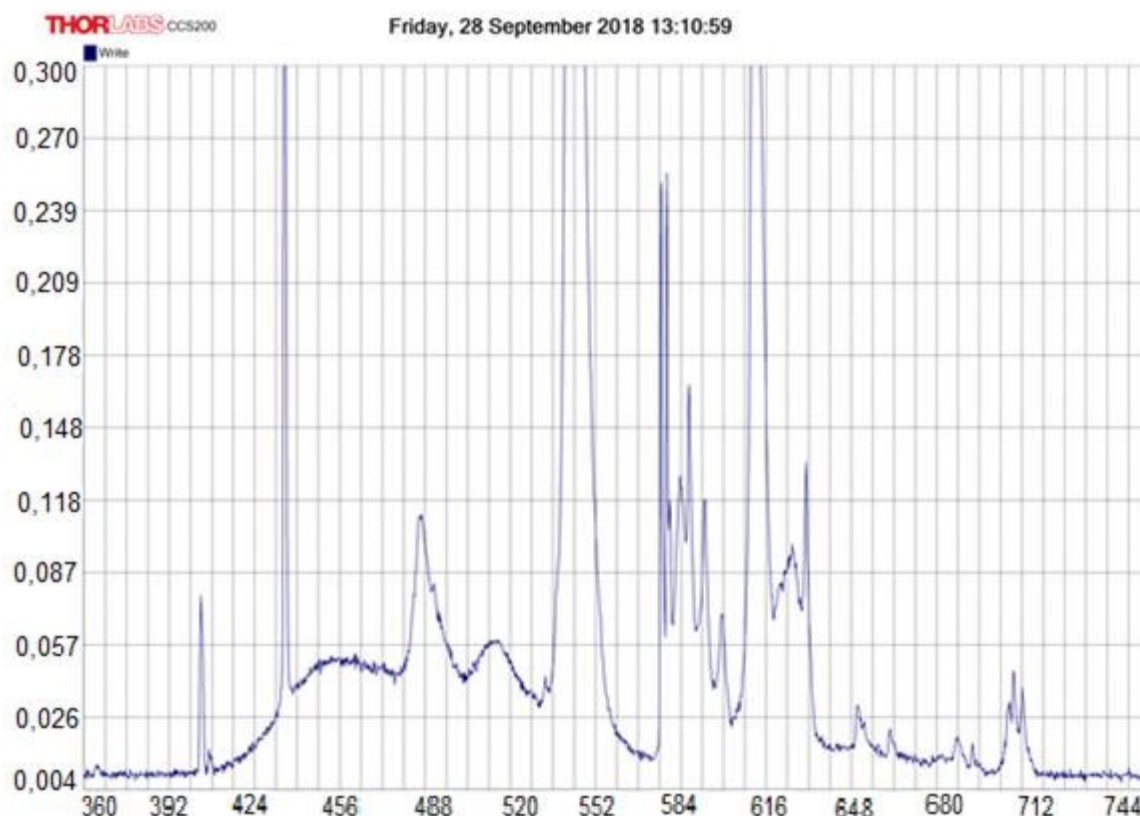


Figura 8: Espectro de uma lâmpada fluorescente de luz branca 127V/20W. Fonte: Acervo do autor.

2.1.4.3 Materiais semicondutores e diodos emissores de luz

Os materiais semicondutores possuem uma estrutura cristalina com arranjos espaciais de átomos ou moléculas, ligados por compartilhamento de elétrons, formando sistemas quânticos integrados. Na formação de cristais, com n átomos, cada nível de energia permitido aos elétrons de um átomo isolado se expande em n subníveis de pequena diferença energética entre si, constituindo, assim, faixas ou bandas de energia permitidas (Figura 9). O princípio de exclusão de Pauli é verificado na estrutura atômica dos cristais: dois elétrons não podem estar no mesmo estado quântico. Por isso, para um cristal que tem n átomos, cada nível eletrônico do átomo tem n subníveis para acomodar todos os elétrons (ME-NEZES et al, 2013).

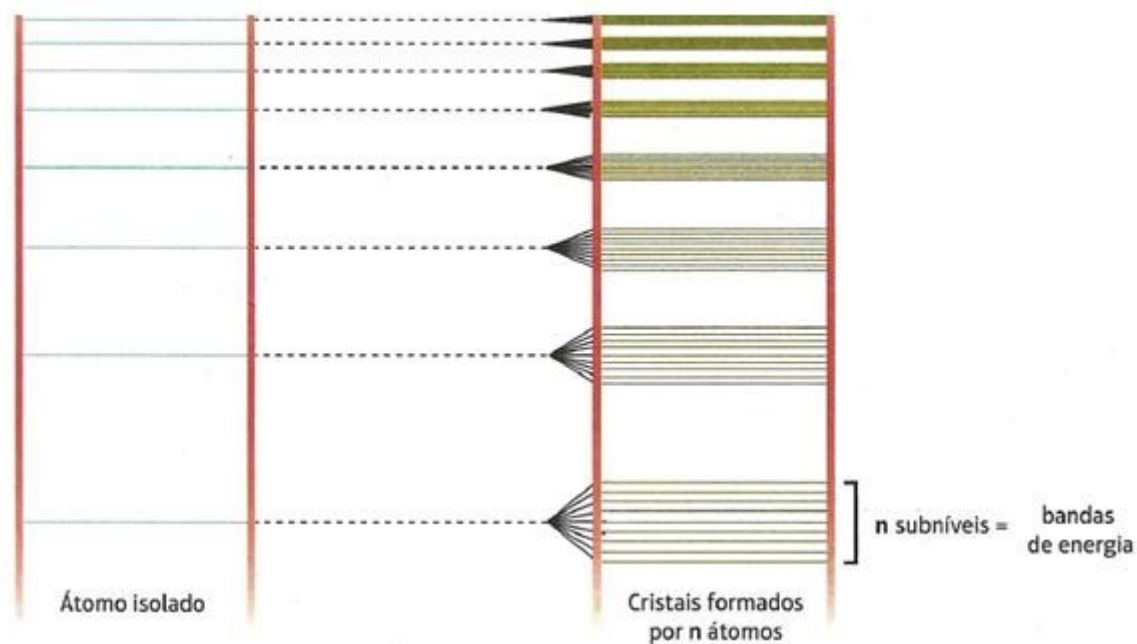


Figura 9: Esquema ilustrativo da formação de cristais. Fonte: MENEZES et al, 2013, p. 87.

Nos materiais semicondutores, o preenchimento completo da banda mais alta, ou banda de valência o caracteriza como um não condutor, pois a falta de subníveis livres na banda não permite que os elétrons aumentem sua energia cinética, ficando assim impedidos de reagirem a um campo elétrico. Entretanto, esses materiais conduzem corrente elétrica quando o intervalo entre as bandas de valência e de condução for relativamente pequeno e a simples exposição do cristal à luz visível pode prover esse salto, desde que a frequência f da luz seja suficiente para que a energia hf dos fótons supere o intervalo de energia entre as bandas ($hf \geq \Delta E$) e os elétrons “catapultados” encontrem níveis na banda superior e deixem lacunas na banda da qual saíram (Figura 10) (MENEZES et al, 2013).

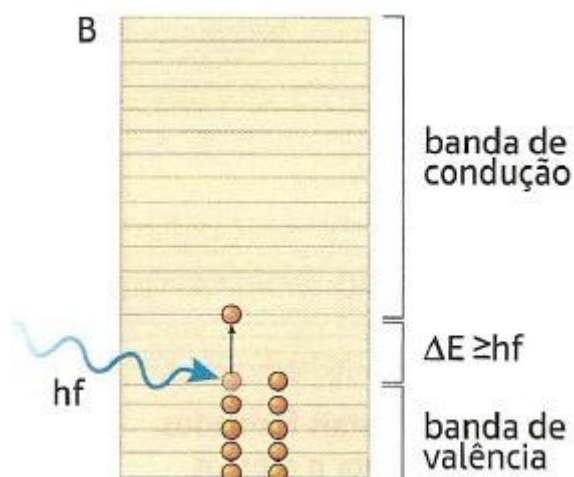


Figura 10: Esquema das bandas de energia de um material semiconductor. Fonte: MENEZES et al, 2013, p.88.

Dependendo da finalidade, o semiconductor passa por um processo de dopagem, que consiste na introdução de uma pequena quantidade de um elemento químico específico na sua estrutura cristalina. Nos semicondutores intrínsecos (puros), o número de lacunas é igual ao número de elétrons que saltaram para a banda de condução. A dopagem altera esse equilíbrio, dando origem a semicondutores extrínsecos, que podem ser do tipo P (positivo) ou N (negativo).

Em semicondutores de silício (Si), que têm quatro elétrons de valência, a dopagem do tipo N é feita com matérias com cinco elétrons de valência como o arsênio (As), e a dopagem do tipo P é feita com materiais com três elétrons de valência, como o índio (In).

No diodo emissor de luz, também conhecido pela sigla em inglês LED (*Light Emitting Diode*), a junção PN é a base do seu funcionamento. Os elétrons saltam da região N que se combinam com lacunas da região P, de forma análoga à emissão de luz pelo salto de um elétron de um nível de maior energia para um nível de menor energia de um átomo (Figura 11).

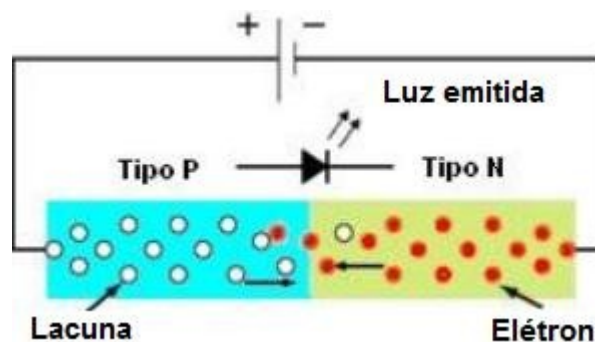


Figura 11: Emissão de luz por material semiconductor. Fonte: www.electronica-pt.com/imagens/funcionamento-led.jpg (modificada).

As lâmpadas *LED* emitem luz com espectro característico do seu processo de emissão (Figura 12).

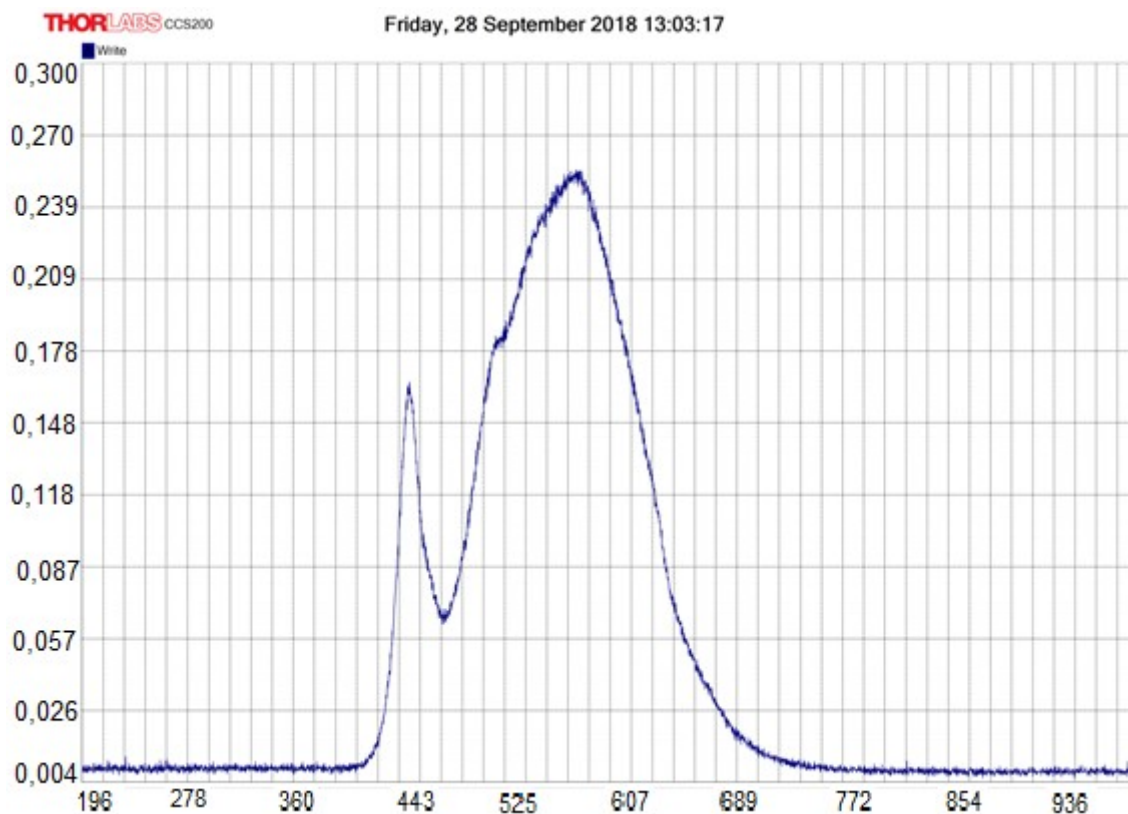


Figura 12: Espectro de uma lâmpada LED 127V/4,8W. Fonte: Acervo do autor.

2.2 Aprendizagem Baseada em Projetos

A Aprendizagem Baseada em Projetos é uma abordagem de ensino por meio da qual os alunos são desafiados a investigarem dilemas relacionados a problemas do mundo real, que sejam significativos para eles. Com o suporte do professor, são desenvolvidos projetos realistas e autênticos, baseados em ques-

tões/ problemas/ tarefas capazes de despertar o interesse dos alunos de maneira envolvente e comprometida e que levem os mesmos a atuarem em grupo e a buscarem o conhecimento de conteúdos acadêmicos, adquirindo nesse curso algumas habilidades para usar as inovações tecnológicas em benefício da resolução das situações-problema (BENDER, 2014).

Entendendo, por exemplo, que a aprendizagem se torna mais significativa quando adquirida por meio da vivência e que é necessário que o trabalho educativo seja mais reflexivo, John Dewey (1979) já havia proposto uma pedagogia na qual a aprendizagem é instigada por problemas concretos que, intencionalmente, despertam estímulos cognitivos e geram nos alunos dúvidas, hipóteses e a vontade de investigar, analisar, interpretar, comparar e avaliar a situação (PEREIRA *et al.*, 2009).

Como a Aprendizagem Baseada em Projetos não é uma proposta pedagógica recente e como não há um padrão único de execução, ao longo dos anos, o trabalho didático seguindo essa abordagem tem sido desenvolvido de diferentes formas. No modelo da Aprendizagem Baseada em Projetos sistematizado por Bender (2014), por exemplo, que é o adotado neste trabalho, esta abordagem didática trabalha em conjunto com outras técnicas de ensino apontadas por ele como essenciais para as salas de aula do século XXI: a do Ensino Diferenciado e a do Letramento em Habilidades Tecnológicas.

O Ensino Diferenciado foi estudado por Tomlinson (2004) que, a partir da junção das teorias de Gardner (1983), Jensen (2004) e Vygotsky (1984), apontou que essa pedagogia torna a aprendizagem mais eficaz, motivadora e acessível a todos, uma vez que há vários tipos de inteligência; o cérebro busca significação e o ser humano aprende mais com problemas realistas e desafiadores (*apud* JUNGLES, 2011). O novo conhecimento é construído pelo sujeito a partir da relação que ele traça com o conhecimento preexistente em sua estrutura cognitiva, ou seja, relacionando-o ao que já sabe, ao que detém significado para ele (ESPÍNDOLA, 2005). E a aprendizagem não pode ser desvinculada do contexto sócio histórico, pois, na interação com o outro, o aluno, que já possui conceitos preestabelecidos, dará partida a um processo de reformulação dos mesmos, e essa nova interpretação dos fenômenos fará com que tenham um real significado para ele (VYGOTSKY, 1984).

A respeito da bagagem que o aluno já traz de casa, repleta de conhecimentos socialmente construídos por meio da vivência comunitária, Machado (2011) expõe que é por meio de uma profunda reflexão e da dialogicidade que o educando conseguirá ou não perceber se há coerência nos saberes que possui sobre determinado conteúdo ou assunto. Assim, ele conseguirá avançar e entender os processos envolvidos na compreensão de outros conceitos e as suas relações com o mundo vivido.

Como a ABP proposta por Bender (2014) também se baseia em um problema do mundo real, ela é definida ainda como uma metodologia que segue a abordagem do Desempenho Autêntico, uma vez que a aprendizagem parte de um cenário existente e produz uma simulação ou uma proposta do que se espera da atuação no mundo de fato.

Quanto ao Letramento em Habilidades Tecnológicas, da mesma forma que o Ensino Diferenciado, essa é uma técnica que integra a ABP no modelo desenvolvido por Bender (2014), uma vez que ele propõe que os alunos precisam ser levados a usarem de forma competente os recursos digitais para o desenvolvimento do projeto e do produto.

Também aponta a necessidade de criar, usando as Redes Sociais, possibilidades de interação *online* entre os integrantes dos grupos de trabalho. Essa proposta é viável porque, atualmente, há Redes Sociais, como o *Ning*, que permitem a criação de comunidades de estudo. Essas redes podem ser usadas para a discussão de tópicos específicos da temática de estudo ou para a realização de tarefas por meio da colaboração entre os estudantes (BENDER, 2014).

Com a possibilidade de usar essas Redes Sociais e outros recursos tecnológicos como ferramentas de mediação das práticas pedagógicas, os professores poderão aproveitar nos estudos os aparelhos que geram no dia a dia tanto interesse dos alunos, os celulares e *smartphones* (KIELT, SILVA e MIQUELIN, 2017).

Na ABP, as tecnologias podem ser usadas pelos alunos tanto nas investigações, no desenvolvimento de um produto quanto como forma de interação entre os integrantes do trabalho, por meio das redes sociais e tecnologias de comunicação.

Integra ainda a possibilidade não só do aluno, mas também do professor utilizá-las como Tecnologias de Ensino (BENDER, 2014). O professor poderá

utilizar os recursos computacionais de diversas formas, introduzindo o assunto, demonstrando experimentos e simulações ou disponibilizando os *links* e orientações da pesquisa.

Essa possibilidade vai de encontro a um problema enfrentado por muitas escolas brasileiras, a ausência de laboratórios didáticos de Física, Química e Biologia. Diante dessa falta de infraestrutura para o Ensino de Ciências, o laboratório de informática, mais comum nas escolas, pode ser usado para executar experimentos por meio de simulações computacionais (SANTOS e DICKMAN, 2019, p. e20180161-2).

Ou seja, na falta de Laboratórios de Ciências e equipamentos voltados à experimentação em Física Moderna, os Laboratórios de Informática ou os *notebooks*, celulares e *smartphones* dos alunos podem ser recursos valiosos (SILVEIRA e GIRARDI, 2017) e integrados tanto à proposta de Letramento Digital quanto da Física Moderna, pois a partir das inovações tecnológicas é possível aproximar o aluno do mundo atômico (MELHORATO e NICOLI, 2012).

Além daquela que aponta que as tecnologias e suas inovações podem ser elementos capazes de auxiliar o desenvolvimento do estudo, a Aprendizagem Baseada em Projetos nos moldes de Bender (2014) apresenta duas características intrínsecas: a) o aluno deve ter autonomia para escolher a melhor forma de investigar e lidar com o problema estudado; b) a busca de soluções deve ser estabelecida por meio de uma ação cooperativa entre os alunos, que devem estar agrupados em equipes de trabalho.

A primeira característica se enquadra perfeitamente nas chamadas Metodologias da Aprendizagem Ativas, que seguem paradigmas que diferem do Modelo Tradicional de Ensino especialmente por serem centradas no aluno, e não no professor, que os levam a „aprender a aprender” e a „aprender fazendo”, não apenas memorizando (SANTOS, 2017). De acordo com as perspectivas dos aportes das Metodologias das Aprendizagens Ativa, o aluno é sujeito do processo ensino-aprendizagem, é um cidadão e esse necessita de um ensino crítico e reflexivo (FERNANDES *et al.*, 2003). Na ABP a participação dos alunos é ativa em todo o processo. Geralmente, são eles que escolhem o projeto do grupo e o método o qual será usado para executá-lo, seguindo a partir daí objetivos claros e pré-definidos (BENDER, 2014).

O trabalho em grupo também é outra característica presente na ABP, pois o desenvolvimento do projeto requer que os alunos atuem de forma cooperativa para a resolução dos problemas (BENDER, 2014). “*Além disso, o trabalho cooperativo reflete melhor as demandas do ambiente de trabalho do século XXI do que as tarefas individuais de resolução de problemas*” (BENDER, 2014, p.106).

Esse tipo de organização em equipe para desenvolvimento de uma tarefa tanto favorece a formação de valores éticos como o respeito às diferenças socioculturais, políticas e religiosas, permitindo na prática uma postura cidadã pautada em atitudes crítico-reflexivas. Isso porque enquanto trabalham juntos, testam experiências, trocam informações, discutem resultados e elaboram conclusões, também constroem referências para a vida (MEZZARI, FROTA e MARTINS, p.108, 2011).

Há também uma série de elementos/ etapas que conduz o modelo de ABP, conforme o delineamento traçado por Bender (2014), de forma a tornar mais clara a forma de trabalhar com essa metodologia de ensino. Dentre esses elementos, destacam-se:

_ **Âncora:** Ela é a base de partida do trabalho pedagógico. É a âncora que introduz a temática na turma e gera o interesse dos alunos. Pode ser um artigo de jornal, um vídeo do *YouTube*, uma letra de música, um *slide* com uma apresentação feita pelo professor ou retirada da internet ou qualquer outro instrumento capaz de levantar uma discussão em sala de aula.

_ **Questão Motriz:** É a questão principal que deve ser capaz de despertar a curiosidade e a paixão nos alunos. Todos os empenhos serão aplicados por eles para resolvê-la ou analisá-la da melhor forma. Além dela, os grupos criarão questões adicionais focadas no projeto.

_ **Dinâmica de *brainstorming* (tempestade de ideias):** Estratégia para gerar uma série de ideias e sugestões sobre o desenvolvimento do trabalho que será realizado pelos grupos. A espontaneidade é bem-vinda nesse momento, pois ela pode despertar a criatividade e fazer surgir inovações. Nessa estratégia, os participantes são incentivados a pensarem de forma independente e, mesmo que difiram de outras também citadas, suas ideias precisam ser ouvidas sem intervenções que as limitem.

_ **Trabalho cooperativo em equipe:** A turma é dividida em grupos para o desenvolvimento dos projetos. Os alunos têm poder de decisão a respeito de qual

projeto/ grupo de trabalho integrarão. É importante que se interessem pela proposta para se comprometerem com sua execução, uma vez que o sucesso do projeto depende de cada envolvido.

_ Planejamento em grupo: É a etapa de organização do processo, de divisão das tarefas segundo as habilidades dos integrantes do grupo, de definição dos responsáveis, de escolha da metodologia e de criação do cronograma. O aluno tem voz e direito de escolha na abordagem didática da Aprendizagem Baseada em Projetos.

_ *Feedback* e revisão: O professor atua acompanhando e orientando os grupos nas diferentes etapas do projeto. O professor, rotineiramente e/ou em fases específicas, promove uma assistência aos alunos, promove uma análise crítica e fornece uma devolutiva a respeito do processo, do cumprimento do cronograma e das atividades realizadas.

_ Produto: Na ABP, os grupos são encarregados de produzirem artefatos a partir do estudo da temática e das conclusões sobre as possíveis soluções identificadas para o problema estudado. O produto pode ser um portfólio, uma música ou uma peça teatral, um jornal, um relatório, um experimento, um *web site* ou outro tipo de apresentação.

_ Publicização dos Resultados: O artefato e as conclusões do grupo são apresentados para os demais alunos da turma ou para toda a escola/ comunidade, de forma a demonstrar o conhecimento construído a respeito da temática e a revelar como os integrantes da pesquisa conseguiram resolver o problema.

_ Avaliação: A avaliação na abordagem didática da ABP ultrapassa a visão tradicional das provas e testes. Pela complexidade do trabalho, podem ser usados diferentes instrumentos, como a autoavaliação e a avaliação em pares. A participação individual dos alunos no processo também pode ser avaliada junto ao produto final desenvolvido pelo grupo. Bender (2014) ainda sugere o uso de rubricas contendo elementos transparentes que refletem as metas e os objetivos que foram definidos anteriormente.

A respeito do direcionamento dos projetos e orientação do professor, todos os passos do trabalho podem ser apresentados de forma organizada em uma *Webquest* ou outra mídia social. A *Webquest* tem uma estrutura que facilita a sistematização da proposta, com abas nas quais podem ser descritas as etapas do trabalho, as questões que precisam ser resolvidas, as tarefas sob a responsa-

bilidade de cada integrante, as datas importantes do cronograma, as formas de avaliação, as fontes para a pesquisa com seus respectivos *links* e as demais coordenadas para o desenvolvimento do produto final (BENDER, 2014).

Com relação aos resultados do trabalho com a ABP, ela tem sido apontada como um método capaz de favorecer resultados positivos na aprendizagem em diferentes níveis de ensino. A aprendizagem conduzida por essa abordagem didática faz com que os alunos apresentem melhores desempenhos, pois atuam de forma mais comprometida com as tarefas pedagógicas. Os participantes conseguem, ainda, apresentar as conclusões com mais segurança, porque há um maior domínio do conhecimento, uma vez que as suas perspectivas são frutos de investigação e reflexão, e não apenas objetos de memorização de dados prontos (SOUZA, 2016).

Durante o desenvolvimento dos projetos e criação dos artefatos, os alunos cujo ensino é conduzido pela ABP são levados a desenvolverem habilidades dirigidas que antes não eram exigidas na abordagem tradicional. São eles que precisam, sem fugir do foco, identificar as questões principais que deverão ser resolvidas. Também precisam pensar em soluções criativas para o problema e, nesse momento, a participação em dinâmicas como a de *brainstorming* é de extrema valia. Devem, ainda, trabalhar cooperativamente, avaliar as contribuições e apontar pontos positivos e deficiências das tarefas dos colegas, aceitando da mesma maneira as opiniões sobre as suas atividades (BENDER, 2014).

Todas essas tarefas e dinâmicas favorecem a construção do conhecimento e o desenvolvimento integral dos alunos. Mas para que o método da ABP consiga atingir esse fim, tornando a aprendizagem significativa e adequada à vivência contemporânea, é preciso que seja aplicado de forma sistemática. Para extrair o máximo de benefícios desse método, por exemplo, há uma série de posturas e procedimentos recomendados aos professores por Bender (2014):

- Assegurar que o material de pesquisa atinente à questão motriz, os recursos tecnológicos e o acesso à internet estejam disponíveis aos alunos;
- De acordo com o tópico estudado, sugerir pessoas da comunidade para serem entrevistadas e outras fontes;
- Buscar vídeos e multimídias que possam contribuir com as pesquisas;
- Orientar e sugerir medidas para aperfeiçoar o cronograma e o planejamento da produção dos artefatos;

- Favorecer as dinâmicas e estratégias para o surgimento de ideias e para a interação entre os integrantes dos grupos;
- Ministras pequenas lições aos grupos referentes aos tópicos explorados por eles;
- Orientar, individualmente ou em pequenos grupos, os integrantes das equipes a respeito das habilidades necessárias para se trabalhar de forma cooperativa;
- Avaliar, de forma individual ou compartilhada com os alunos, as atividades e tarefas desenvolvidas pelo grupo;
- Atuar resolvendo os conflitos, por meio de aconselhamento, incentivos, orientações ou outros tipos de intervenções.

Essas orientações aos professores revelam que não é apenas o aluno que assume um papel diferente na ABP. O professor também é levado a desenvolver novas habilidades e posturas. Nessa abordagem, o professor não é aquele que atua repassando os conteúdos, mas aquele que atua como facilitador do ensino (BENDER, 2014).

Quanto ao tempo dispensado nos projetos, a abordagem exige uma dedicação maior dos alunos durante um longo período, de forma a garantir uma investigação sustentável, podendo a ABP se dar até mesmo em um semestre, se necessário (OLIVEIRA e MATTAR, 2018). Ressalta-se que esse tempo é maior do que o tempo de ensino usado em uma abordagem tradicional. Tanto os alunos quanto os professores deverão fazer a gestão desse tempo e, para isso, precisarão de planejamento e organização. Em suma, precisarão exercitar as habilidades necessárias neste novo século (BENDER, 2014).

2.2.1 A teoria sociocultural de Vygotsky

O desenho traçado para a Aprendizagem Baseada em Projetos discutido neste capítulo revelou alguns pressupostos da teoria sociocultural de Vygotsky essenciais à realização da abordagem didática da ABP que Bender (2014) propõe, por isso revisitaremos a seguir algumas noções desenvolvidas por esse teórico russo.

Os conhecimentos que Vygotsky produziu no campo do desenvolvimento cognitivo e na aprendizagem são inúmeros, estando as suas contribuições distribuídas em cerca de 180 estudos científicos que foram produzidos em pouco

mais de 10 anos (LUCCI, 2006). Neste trabalho, destacaremos apenas alguns conceitos teóricos discutidos por Vygotsky e usados na ABP e nas Feiras de Ciências, que têm o grupo como modelo de organização dos alunos para a troca de conhecimentos, execução dos projetos e apresentação.

Pontuando objetivos e algumas assertivas da sua teoria histórico-cultural, baseada no aporte teórico marxista, podemos dizer que Vygotsky buscou pensar como se formam, ao longo da história humana, aspectos tipicamente humanos do comportamento, tais como os processos mentais mais complexos e ausentes nos animais (por exemplo, fazer planos e usar signos para representar as coisas), e como essas funções psicológicas superiores se desenvolvem ao longo da vida do indivíduo (LUCCI, 2006).

Uma noção importante destacada das teorias de Vygotsky (1984) e que precisa ser considerada pelos educadores é a de que a criança inicia a aprendizagem antes mesmo de iniciar na escola. No entanto, o ensino traz novos elementos para o seu desenvolvimento, especialmente por conta da interação com outros indivíduos. Por isso, a aprendizagem não pode ser desvinculada do contexto sócio histórico.

A interação social produz alteração e desenvolvimento das funções psíquicas superiores por meio de um processo de internalização. Em uma extensão desse processo, ocorre também a formação de conceitos, que se dá a partir do confronto entre o conhecimento que o aluno já adquiriu informalmente e o conhecimento que adquiriu por meio do processo de ensino-aprendizagem.

Os conceitos que a criança adquire informalmente por meio de experiências pessoais, Vygotsky (1984) chamou de conceitos espontâneos; os obtidos em sala de aula, de forma não espontânea, denominou de conceitos científicos.

Apesar de interligados, esses conceitos operam de forma diferente. A trajetória da evolução dos conhecimentos obtidos por meio de experiências espontâneas pode culminar no nível da consciência. Já o nível atingido pelos conceitos científicos adquiridos de forma programada chega ao nível da realidade concreta. Como existe uma interdependência, os estudos vygotksyanos destacam que é preciso que a criança atinja determinado grau de desenvolvimento espontâneo, de maturação, para conseguir absorver o conceito científico que se associa a sua experiência pessoal (RODRIGUES DE MELLO, 2018).

O aluno, que já possui conceitos preestabelecidos, ao interagir com o outro, iniciará um processo de reformulação desses conceitos e a nova forma de interpretar os fenômenos a partir dessa reformulação dará partida a um processo de reelaboração dos mesmos, e essa nova interpretação dos fenômenos fará com que os conceitos tenham um real significado (VYGOTSKY, 1984).

Outra descoberta importante de Vygotsky (1998) refere-se à existência de dois níveis de desenvolvimento das funções mentais: o nível de desenvolvimento real (NDR) e o nível de desenvolvimento potencial (NDP). O primeiro refere-se a tudo o que a criança consegue realizar sem auxílio. O outro, que marca o seu estágio de desenvolvimento mental, corresponde ao que ela ainda está construindo as capacidades para realizar e, por isso, apenas consegue fazer mediante o auxílio de um indivíduo com maior domínio dessa competência. Entre esses dois níveis existe uma zona de transição, em que o ensino deve atuar, que ele denominou de zona de desenvolvimento proximal (ZDP).

Destaca-se, ainda, a existência de instrumentos e sistemas de signos produzidos historicamente, social e culturalmente que são interiorizados e produzem o desenvolvimento cognitivo. Os signos atuam como mediadores das atividades psicológicas humanas. Quanto mais o indivíduo usa esses signos, mais aprende a usá-los e vai ampliando suas funções psicológicas. Os signos são representações da realidade e podem se referir a elementos que não estão presentes no tempo e no espaço, por ativarem a memória eles substituem objetos reais. Quando os elementos (marcas externas) se transmutam em processos internos de mediação, ocorre o que está sendo chamado de processo de internalização (VYGOTSKY, 1984).

A linguagem, de acordo com Vygotsky, é um instrumento complexo que se liga ao pensamento. Ela compreende várias formas de expressão: escrita, oral, gestual, matemática, musical e artística (LUCCHI, 2006). É ela que permite a vida em sociedade. É através da linguagem, por exemplo, que o indivíduo aprende a pensar, interage socialmente e organiza o pensamento. Ao possibilitar a comunicação com o outro, permite também, a partir dessa interação com o outro, ao indivíduo completar-se para conquistar o seu potencial. Ou seja, a interação social, indispensável à construção do conhecimento, ocorre por meio da linguagem, que realiza uma espécie de mediação do indivíduo com a cultura. Conclui-se, então,

que mesmo que uma criança tenha potencial biológico para progredir, se não interagir, seu desenvolvimento será comprometido (VYGOTSKY, 1984).

Isso pode ocorrer porque é a interação social que ativa os processos que serão interiorizados pelo indivíduo e que irão compor o primeiro nível do desenvolvimento, que se converterá em aprendizagem e abrirá espaços para outras possibilidades de aprender. Observar esse potencial de aprendizagem do aluno e o estágio em que ele se encontra, delimitando a sua ZDP, é essencial para que o professor possa planejar os conhecimentos que precisa desenvolver no estudante e orientar a formação de grupos para que níveis heterogêneos possam se autoajudar a transpor fases mais avançadas.

Por meio dos aportes teóricos de Vygotsky, também considerados na ABP de Bender (2014), vimos como opera o desenvolvimento cognitivo e a importância da aprendizagem para que o indivíduo se desenvolva em sua plenitude e como ela é dependente da interação social e da mediação com a cultura feita pela linguagem.

2.3 Feira de Ciências

Em algumas escolas, durante um momento previamente planejado, as salas de aula se transformam numa única grande sala para que experimentos e conteúdos sejam expostos para todos os alunos, pessoas da comunidade e demais escolas visitantes. É época de Feira de Ciências.

Barcelos, Jacobucci e Jacobucci (2010) apresentam as Feiras de Ciências como uma etapa de um projeto maior cujo desenvolvimento é feito através de relações interpessoais que podem favorecer vínculos afetivos e auxiliar na formação cidadã.

Hartmann e Zimmermann (2009) definem as Feiras de Ciências como eventos nos quais os alunos são os responsáveis pela demonstração de projetos que eles planejaram e executaram no ano letivo. Nesses eventos, os alunos apresentam algum artefato construído por eles ou uma comunicação oral e escrita com a sistematização dos resultados das investigações científicas desenvolvidas por eles. *“Eles vivenciam, desse modo, uma iniciação científica Júnior de forma prática, buscando soluções técnicas e metodológicas para problemas que se empenham em resolver”* (HARTMANN e ZIMMERMANN, 2009, p.2).

Feira de Ciências não é a única denominação usada para esse tipo de trabalho de iniciação e divulgação científica. Feira de Ciência e Tecnologia, Feira do Conhecimento, Feira Multidisciplinar, dentre outros termos também nomeiam práticas similares (MEZZARI, FROTA e MARTINS, 2011).

Esses espaços de mostra de trabalhos de iniciação científica são importantes para despertar o interesse pela Ciência e para incentivar os alunos a buscarem novos conhecimentos, desenvolvendo projetos interdisciplinares e demonstrando-os para os demais interessados, exercitando assim suas habilidades comunicativas (BORGES e ALBINO JUNIOR, 2007; MOTA e MARTINS, 2016).

Apesar de a Feira de Ciências apresentar projetos desenvolvidos por alunos, ela não é equivalente à ABP. Pode, no entanto, ser uma etapa desse modelo pedagógico e também de outras abordagens metodológicas. A Feira de Ciências é um evento institucional, um acontecimento que mobiliza toda a comunidade escolar para as demonstrações dos alunos, promove o intercâmbio com outras escolas, favorece a socialização e a troca de experiências. Com isso, pode ser palco para a culminância de uma pesquisa desenvolvida por meio da ABP e apresentação do artefato produzido pelo grupo (BARCELOS, JACOBUCCI e JACOBUCCI, 2010).

A Feira de Ciência também pode ser uma estratégia usada pela escola, tanto para realizar um trabalho interdisciplinar, explorando conteúdos de diferentes disciplinas, como para o estudo de conteúdos extracurriculares, que não foram explicitados no currículo, mas que mesmo estando ocultos são importantes (BARCELOS, JACOBUCCI e JACOBUCCI, 2010).

Os trabalhos desenvolvidos e expostos nas Feiras de Ciências, de acordo com Mancuso (2000), apresentam três formatos distintos, os trabalhos de montagem; os informativos e os de investigação. No primeiro tipo, os alunos apresentam um artefato e explicam o conteúdo estudado a partir do produto exposto. No segundo, os alunos apresentam informações, alertas ou denúncias a respeito de um tema estudado. No terceiro, são apresentados projetos desenvolvidos para a construção de conhecimentos a partir de uma abordagem crítico-reflexiva de fatos do cotidiano.

A Feira de Ciências é um tipo de atividade que passou a ser desenvolvido no Brasil na década de 60, ao lado da ideia de que era importante

introduzir nas escolas o método experimental no ensino de Ciências e de que os alunos e comunidade escolar precisavam se familiarizar com os materiais existentes nos laboratórios, até então inacessíveis e desconhecidos da prática escolar. Na década de 80, a abordagem das feiras direcionava-se à reprodução das experiências descritas nos livros didáticos (BARCELOS, JACOBUCCI e JACOBUCCI, 2010).

Essas fases da Feira de Ciências no Brasil foram detalhadas por Mancuso (1993, apud LIESCH e GURSKI, 2014), que identificou três períodos diferentes. Em resumo, Mancuso (1993) explicou que na fase inicial o objetivo era tornar familiares os materiais de laboratório; na intermediária, a proposta era a de reproduzir experimentos dos livros didáticos usando os materiais; a terceira é aquela na qual os alunos passaram a ter a oportunidade de participarem mais ativamente de investigações científicas.

Apesar de durante bastante tempo não ter se voltado à descoberta e à ação criativa, a oportunidade de aprender de uma forma diferente e de possibilitar que o aluno ocupasse o lugar de sujeito-falante acabou consolidando esse tipo de atividade no meio escolar, tornando-se bastante popular nas escolas na década de 90 (BARCELOS, JACOBUCCI e JACOBUCCI, 2010; HARTMANN e ZIMMERMANN, 2009).

Alguns avanços têm se incorporado às Feiras de Ciências do decorrer dos anos, uma vez que o cotidiano escolar também tem influência sobre a maneira como as metodologias são aplicadas na escola. Antes sob a responsabilidade apenas dos professores de Ciências e Biologia, as Feiras de Ciências passaram a ser conduzidas em muitas escolas de forma interdisciplinar, contemplando assim distintas disciplinas.

Outra inovação diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem, uma vez que têm ocorrido modificações no acompanhamento dos experimentos dos alunos, na continuidade da discussão dos mesmos após o evento e nas formas de avaliação. Antes não havia uma sistemática para observar como os alunos individualmente estavam construindo os conhecimentos ou mesmo um momento para reflexão sobre os erros ocorridos na execução. As notas eram obtidas avaliando-se unicamente a apresentação, que finalizava a discussão, fazendo com que os conteúdos não fossem retomados posteriormente em sala de aula (BARCELOS, JACOBUCCI e JACOBUCCI, 2010). Atualmente, metodologias

pedagógicas mais crítico-reflexivas têm causado impactos nas Feiras de Ciências, sendo a ABP uma delas.

Essa ferramenta pedagógica representa mais uma oportunidade da escola se comprometer com a metodologia ativa, na qual o aluno deixa de ocupar uma posição de receptor de conteúdos expostos pelos professores e passa a ser sujeito do seu desenvolvimento, realizando atividades concretas que estimulam a sua capacidade de criar (LIESCH e GURSKI, 2014).

Com os avanços tecnológicos do século XXI, as tecnologias também têm sido incorporadas nas Feiras de Ciências, aplicando-as nos projetos dos alunos (TOGNI, 2013), criando mais possibilidades de descobertas.

O desenvolvimento de temas do interesse dos alunos também é um avanço desse tipo de evento científico, pois quando os temas tratados nas Feiras de Ciências estão relacionados a situações reais próximas da vivência dos alunos, como a importância da economia de energia elétrica e do uso racional dos recursos hídricos, a aprendizagem se torna mais significativa e a apropriação de conhecimentos teóricos trabalhados em diferentes disciplinas torna-se mais facilitada. (LIESCH e GURSKI, 2014).

Com a contextualização dos conteúdos, o interesse dos aprendizes se torna muito maior. Através de uma atividade aparentemente simples, pode surgir uma grande vontade de saber mais, de querer fazer mais e, até mesmo, de ser mais. Por isso é essencial favorecer a construção do conhecimento a partir do interesse dos alunos. E um dos caminhos que levam a alcançar esse objetivo é através da pesquisa e iniciação científica (CARVALHO et al., 2014).

Hartmann e Zimmermann (2009), a partir dos estudos de Moraes (1986) e de Gonçalves (2008), destacam que a Feira de Ciências deve ser a culminação de um processo de estudo, de investigação e de produção, por meio do qual os conhecimentos adquiridos são divulgados para a comunidade escolar pelos alunos, que têm a oportunidade de demonstrar os seus achados e desenvolver sua capacidade comunicativa. Ela não pode ser apenas uma atividade extemporânea feita para cumprir o cronograma da escola. Precisa ser uma etapa de um processo maior.

Por fim, a Feira de Ciências se apresenta como uma das possibilidades de criação de um contexto propício para a aplicação de metodologias ativas como a Aprendizagem Baseada em Projetos, pois esta *“requer que todos os envolvidos*

no processo educacional estejam engajados para criação de um contexto de aprendizagem real". Ela pode ser uma aliada da ABP, pois favorece situações de aprendizagens ricas e significativas para os alunos (SALVADOR et al., 2014, p.293).

Capítulo 3

A Física, os Projetos e as Feiras de Ciências

Neste Capítulo são apresentados os materiais utilizados, os procedimentos metodológicos e os resultados da aplicação de quatro projetos de Física a alunos do terceiro ano do Ensino Médio, que foram desenvolvidos a partir da abordagem didática da Aprendizagem Baseada em Projetos e apresentados em Feiras de Ciências.

Os temas dos projetos abordaram a análise espectroscópica da luz emitida por diferentes modelos de lâmpadas e telas *LED* e a avaliação da influência dos vidros e películas na iluminação natural. Os projetos foram aplicados com o objetivo de trazer a Física Moderna para a sala de aula numa perspectiva que vai além de um conteúdo a ser trabalhado, mas como um instrumento que fomenta a curiosidade e desperta o gosto pela pesquisa.

No desenvolvimento do estudo científico foram realizadas pesquisas bibliográficas para dar embasamento teórico à criação dos quatro projetos, investigação experimental realizada na escola usando um espectrômetro de produção artesanal desenvolvido pelo professor pesquisador, e um espectroscópio portátil acoplado a um celular e aplicativos para celular (luxímetro e *Spectral UPB*), bem como a produção de panfletos para divulgação dos resultados obtidos durante o desenvolvimento dos projetos.

A culminância dos projetos deu-se em eventos abertos ao público, onde os alunos tiveram a oportunidade de compartilhar seus resultados instruindo as pessoas quanto ao uso dos objetos em estudo através dos panfletos por eles confeccionados. Este capítulo apresentará os quatro projetos com o tema Fontes de luz natural e artificial e sua relação com a vida humana, cujos títulos são: Projeto 1 - „O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar“; Projeto 2 – „Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?“; Projeto 3 - „Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas *LED*, incluindo as não certificadas pelo INMETRO“ e Projeto 4 - „Telas *LED* – O que precisamos saber!“.

O trabalho de campo foi realizado em duas escolas do município de Natividade-RJ. A primeira, que chamaremos de escola 1, encontra-se localizada

na zona rural do referido município, no distrito de Ourânia, e possui características peculiares de uma cultura onde se observa pouca valorização do estudo. Já na segunda, que denominamos de escola 2, observa-se um maior engajamento com os estudos por parte de alguns alunos, embora a dificuldade em aprendizagem apresentada pela grande maioria é bem evidente. Acredita-se que a ausência de aulas motivadoras, com a conseqüente falta de motivação dos alunos, e a ausência de oportunidades de participação dos estudantes nas aulas tradicionais sejam os principais fatores influenciadores dessa realidade.

Os projetos foram aplicados em três turmas de Ensino Médio: uma com trinta e três alunos na escola 2, onde formou-se quatro equipes; e duas com dez e oito alunos cada, na escola 1, onde formou-se 2 equipes por turma. A escolha do terceiro ano do Ensino Médio para desenvolver os projetos deu-se devido à relação entre os conteúdos abordados e o Currículo do Estado do Rio de Janeiro.

A culminância dos projetos ocorreu em feiras promovidas pelas escolas: a Feira de Física e Química da escola 1 e a Feira do Conhecimento da escola 2. Esses eventos científicos são realizados anualmente, como estratégia de ensino.

Em seguida, serão detalhados os materiais e os projetos desenvolvidos.

3.1 Materiais e Tecnologias

Para a execução dos projetos, foi criado um espectrômetro para lâmpadas e vidros (Figura 13). O espectrômetro possui uma rede de difração interna que separa espacialmente os diferentes comprimentos de onda emitidos por uma fonte luminosa e uma *webcam* conectada a um *notebook*. Por meio da página <https://spectralworkbench.org> as fotografias dos espectros luminosos são convertidos em gráficos de intensidade por comprimento de onda.

O material utilizado na confecção do espectrômetro foi o *MDF* de 3 mm e a montagem foi feita com cola de silicone para madeira. O aparelho possui dois compartimentos: um menor pintado em branco para as lâmpadas e um maior pintado em preto fosco para a *webcam*.

O cálculo das dimensões do espectrômetro baseou-se no tamanho das lâmpadas, num melhor posicionamento para a câmera e na utilidade dos compartimentos para guardar os materiais utilizados. Para medir a luminosidade das

lâmpadas ou a luminosidade que atravessa os vidros, retira-se o suporte com a fenda e posiciona-se o celular com um aplicativo de luxímetro no local especificado na Figura 14. Todas as medições devem ser feitas com o espectrômetro fechado.

Foi utilizado também um espectroscópio portátil (Figura 15), cujo modelo encontra-se no livro „Quântica para iniciantes: investigações e Projetos” (PAULA, 2011), tendo sido feitas algumas adaptações para conectá-lo ao celular. Utilizando essa montagem com o aplicativo *Spectral UPB*, disponível gratuitamente no *Play Store*, foi possível transformar imagens de espectros em gráficos quantitativos de intensidade por comprimento de onda da luz emitida por telas *LED* e também pelo Sol.



Figura 13: Fotografia do Espectrômetro. Descrição: Espectrômetro de baixo custo, feito em caixa de MDF. Conta com um compartimento para Lâmpadas (1), dois suportes centrais para vidros e fenda (2 e 3), uma *webcam* conectada a um *notebook* (4), uma fenda confeccionada com lâminas de barbear (5), vidros (6) e espaço para inserção de um celular rodando um aplicativo de luxímetro (7). Este aparelho possibilita a realização dos experimentos em qualquer ambiente, sem a necessidade de escurecê-lo, além de não incomodar nossos olhos com a luz das lâmpadas. Fonte: Acervo do autor.



Figura 14: Espectrômetro com celular rodando um aplicativo de luxímetro. Descrição: Montagem criada para medir, de forma padronizada, a luminosidade dos diferentes modelos de lâmpadas. Fonte: Acervo do autor.

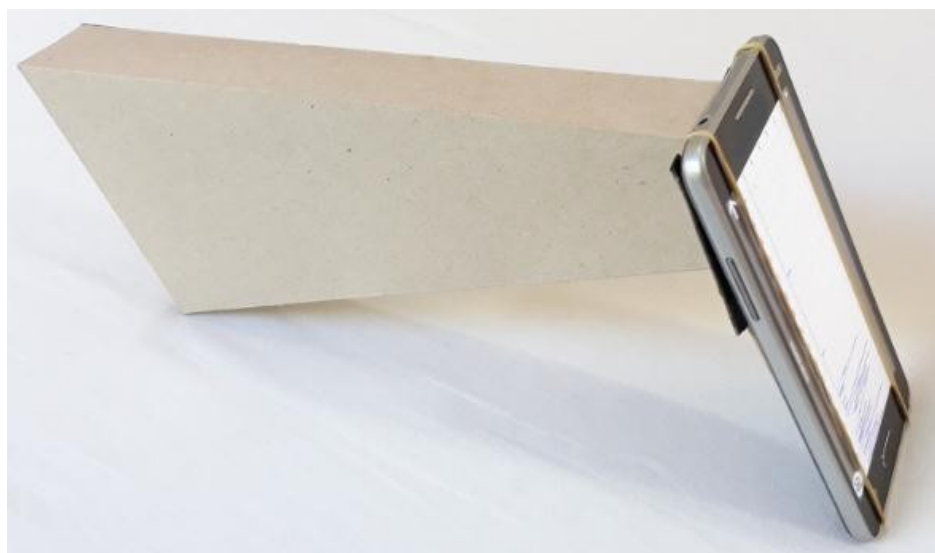


Figura 15: Espectroscópio portátil acoplado a um celular. Descrição: Uma rede de difração abre o espectro da luz analisada, que é fotografado pela câmera do celular. A imagem é então analisada pelo aplicativo *Spectral UPB*, produzindo um gráfico de intensidade por comprimento de onda. Fonte: Acervo do autor.

O celular também foi utilizado nas orientações através de grupos criados no *WhatsApp*. O uso deste e de outros instrumentos eletrônicos digitais, como o computador conectado à internet, foram essenciais no desenvolvimento dos projetos, pois possibilitaram aos alunos tornarem compreensíveis os conceitos abordados através dos dados obtidos.

Segundo Guimarães (2010, p.100),

“A Internet traz informações a espaços que jamais teriam acesso, rompe com barreiras que têm a capacidade de transformar a comunicação, no entanto o trabalho pedagógico precisa estar inserido numa prática de construção de conhecimento para ser mais eficaz.”

Certamente, as pesquisas na internet foram fundamentais, uma vez que favoreceram as iniciativas voltadas a explicar e relacionar criticamente os dados obtidos experimentalmente com os resultados de pesquisas científicas.

3.2 A sala de aula

3.2.1 Iniciando o trabalho

A apresentação dos projetos e o início das atividades aconteceram nos dias 2 e 3 de abril de 2018, 70 dias antes das feiras programadas no calendário escolar das duas escolas da Rede de Ensino do Estado do Rio de Janeiro. Aproveitou-se o momento para esclarecer aos alunos que os resultados dos projetos que eles desenvolveriam seriam divulgados nas feiras promovidas pelas suas respectivas escolas, através de panfletos que eles mesmos confeccionariam.

Mas antes da explicação dos projetos aos alunos, foi-lhes pedido que se organizassem em equipes. Na escola 2, após a formação de 4 equipes, fez-se algumas permutas entre os alunos com a finalidade de induzi-los a trabalhar de forma colaborativa, de forma que discentes com habilidades diversas pudessem trocar experiências entre si. Em seguida, foram lhes apresentados os projetos e deixado que cada equipe escolhesse o que mais lhe agradasse. Nos casos em que houve mais de uma escolha por projeto, foi feito um sorteio.

Com as equipes definidas e os projetos escolhidos, fez-se uma breve explanação sobre cada um, e foi lhes dado um tempo para que os alunos os analisassem e tirassem suas dúvidas entre si e com o professor pesquisador. Neste momento, algumas equipes começaram a se organizar planejando ações e dividindo as tarefas que cada um faria conforme sua disponibilidade e aptidão.

No mesmo dia da apresentação inicial dos projetos foram feitas, também, as apresentações do espectrômetro e do espectroscópio portátil, seguida da instrução de uso dos mesmos.

3.2.2 Os alunos com a mão na massa

O trabalho das equipes começou com pesquisas na internet e, paralelamente a elas, iniciou-se o uso do espectrômetro e do espectroscópio portátil com os aplicativos de celular *Spectral UPB* e *Luxímetro*, e ainda a página <https://spectralworkbench.org> para a obtenção de dados necessários ao andamento dos projetos.

À medida que as pesquisas foram avançando e de posse dos dados coletados nos aparelhos, os alunos tiveram que intensificar seus estudos na busca por informações que os ajudassem a entender melhor os resultados por eles obtidos experimentalmente e estabelecerem as suas relações com as pesquisas feitas na internet. Diante da necessidade dessa atividade reflexiva, o professor-pesquisador aproveitou os momentos em que recorreram a ele para explicar alguns conceitos de eletricidade, ótica, ondulatória e física moderna que eles ainda não conheciam e que eram importantes para a interpretação dos resultados de suas pesquisas. Esses novos conceitos possibilitaram explorar temas que foram além da análise espectroscópica da luz. A partir do conceito de potência, por exemplo, algumas equipes fizeram um paralelo entre o consumo de energia e a luminosidade que cada lâmpada proporciona, expondo os resultados nos panfletos através de gráficos.

Muitas das orientações foram feitas através de grupos no *WhatsApp* criados pelas equipes. Aproveitaram-se esses grupos para a indicação de fontes de pesquisa com informações e conteúdos relevantes ao trabalho e para tirar dúvidas e acompanhar o andamento dos projetos.

A experiência como mediador da construção do conhecimento dos alunos foi enriquecedora. O distanciamento entre professor e aluno, que muitas vezes é comum na sala de aula, foi sendo quebrado à proporção que os alunos foram sendo ouvidos em suas dúvidas e orientados em suas atividades. E isso refletiu no cotidiano escolar. Alunos que antes não se interessavam pelas aulas de Física passaram a participar mais, obtendo melhores resultados, o que contribuiu

para a elevação da autoestima e, especialmente, para a formação desses estudantes.

Outro fator importante a ser destacado foi o desenvolvimento dos alunos no decorrer do projeto através do ganho de autonomia que eles apresentaram. A participação dos discentes foi aumentando, à medida que a proposta dos projetos foi ficando mais clara, momento em que suas identidades foram impressas com sugestões de atividades que tornaram o trabalho mais rico e mais pertencente a eles.

As primeiras semanas foram um pouco complicadas para algumas equipes, e o principal problema diagnosticado foi o relacionamento interpessoal entre os seus integrantes. Mas assim que o professor-pesquisador percebeu o problema através dos grupos de *WhatsApp* e das solicitações individuais que alguns alunos estavam fazendo, promoveu uma reunião na sala de aula e falou da importância da unidade para a concretização dos projetos, e que as diferenças seriam uma barreira uma vez que o diálogo contribuiria para a participação e o envolvimento de todos. Ficou clara nessa reunião a importância da participação de todos e que isso refletiria nas aulas vindouras.

Após oito semanas de trabalho, e faltando duas semanas para as feiras, ocorreu uma apresentação preliminar dos resultados dos projetos já impressos em panfletos. O objetivo dessa apresentação foi divulgar aos demais integrantes da turma o que cada equipe já havia construído e apontar as correções que precisariam ser efetuadas.

A dificuldade mais comum percebida entre as equipes foi interpretar os resultados obtidos experimentalmente e relacioná-los com as pesquisas feitas na internet. Foi diagnosticado que algumas equipes deram maior ênfase aos resultados obtidos experimentalmente, e outras equipes deram maior ênfase às pesquisas feitas na internet. A orientação foi fundamental nesse estágio, informações foram articuladas e complementadas ganhando um significado condizente com as propostas do trabalho.

Um exemplo disso foi relacionar as características espectroscópicas da luz emitida pelas telas *LED* com o efeito negativo que uso prolongado delas pode causar à nossa visão. A desproporção do azul violeta emitido por essas telas em relação às outras cores do espectro visível pode irritar ou cansar os olhos de algumas pessoas. Os diversos comprimentos de luz visível são refratados pela

córnea e pelo cristalino de maneiras ligeiramente diferentes, de modo que nem todos eles atingem o mesmo ponto focal na retina.

Vale ressaltar que, durante essa apresentação preliminar, percebeu-se que os alunos, apesar de apreensivos, estavam empolgados e orgulhosos em exhibir os panfletos que haviam confeccionado para o dia da feira. As sugestões de correção foram discutidas nas equipes e adaptadas pelos seus integrantes para em seguida serem transferidas aos panfletos.

Os panfletos foram elaborados com a ajuda da professora de Produção Textual das respectivas turmas, uma vez que se considerou importante a forma com que os resultados seriam divulgados, e prevendo a dificuldade que os alunos teriam em montá-los. Essas orientações ocorreram em sala de aula.

3.2.3 A culminância dos projetos

Todos os projetos foram desenvolvidos com a finalidade de serem expostos à comunidade nas Feiras das escolas. Nesses eventos, parentes, amigos dos alunos, alunos e profissionais de outras escolas puderam prestigiá-los e ao mesmo tempo se instruir com as apresentações e com os panfletos que as equipes confeccionaram. Para tanto foram realizados dois eventos: a Feira de Física e Química na Escola 1 e a segunda edição da Feira do Conhecimento na Escola 2.

3.2.3.1 Feira de Física e Química da Escola 1

A Feira de Física e Química aconteceu no dia 12 de junho, das 19 h às 22 h, com alunos de Ensino Médio, a única modalidade de ensino oferecida pela escola. O evento contou com a participação da comunidade escolar, familiares e amigos dos alunos e também alguns alunos da Escola 2. A escola, embora pequena em quantitativo de alunos, oferece ensino regular nos turnos diurno e noturno. E possui seis turmas de Ensino Médio, duas de cada série. O noturno, normalmente, é frequentado por alunos que trabalham em sua maioria, no campo.

A feira foi contemplada com onze projetos, sendo seis de Física e cinco de Química. E dentre eles estão os quatro que compõem o corpo desta dissertação.

O clima da Feira foi de grande empolgação para os anfitriões e a atenção dada pelos visitantes a cada trabalho fez com que os alunos percebessem, ainda mais, a importância do trabalho que haviam desenvolvido.

3.2.3.2 Feira do Conhecimento da Escola 2

No dia 13 de junho, das 8 h às 11 h 30 min, aconteceu a Feira do Conhecimento. O evento contou com a participação de quarenta e quatro projetos desenvolvidos por alunos do 6º ano do Ensino Fundamental ao 3º ano do Ensino Médio. O evento foi aberto ao público e, além dos familiares dos estudantes, foram convidadas sete escolas do município de Natividade (cinco públicas e duas privadas). O movimento foi bem intenso durante toda manhã. Foi registrada a presença de aproximadamente seiscentos e cinquenta pessoas.

Durante as apresentações na feira, percebeu-se que os alunos estavam motivados a demonstrarem seus trabalhos e que essa motivação foi aumentando no decorrer do evento. Alunos menos envolvidos no projeto passaram a discorrer com mais segurança após acompanharem a atuação dos colegas.

3.3 Os projetos dos alunos

Os projetos trabalhados com os alunos foram inspirados em algumas das inúmeras razões para a introdução de tópicos contemporâneos na escola média que foram levantadas na III Conferência Interamericana sobre educação em Física. Dentre as razões citadas destacam-se duas: a necessidade de despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles; e a necessidade de vencer a distância entre a Física Moderna e os estudantes, pois não veem nenhuma Física além de 1900, situação inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente (OSTERMANN e MOREIRA, 2000).

Além dessas, há outras razões importante, tais como a necessidade de atrair jovens para a carreira científica, porque serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física e de tornar o ensino de Física mais atraente, pois é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. Sendo assim, não é pertinente desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino (OSTERMANN e MOREIRA, 2000).

No decorrer da leitura dessa dissertação sobre o trabalho pedagógico desenvolvido para o estudo da Física, será possível perceber que as razões acima destacadas foram consideradas quando se planejou a dinâmica didática e os

projetos originais para atender os objetivos da pesquisa traçados anteriormente. Buscou-se com esses projetos de Física desenvolver um ensino da Física Moderna mais palpável, realizando atividades que partam de uma problemática real e que os seus desenvolvimentos possam fazer com que os alunos sintam-se parte do processo e que os professores assumam o papel relevante de estimular o processo investigativo.

Cabe ainda ressaltar que os conteúdos abordados nos projetos de Física apresentaram conformidade com o Currículo Básico do terceiro ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro (CBERJ), série em que foram aplicados, e a metodologia alinhou-se às Competências Específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio da Base Nacional Curricular Comum (BNCC). Nada impede, entretanto, que os projetos possam também ser aplicados em outras séries e para alunos de outros Estados da Federação, fato que dependerá das circunstâncias e do que o professor quer alcançar com os mesmos, já que a ABP possibilita a flexibilização do currículo.

A seguir serão apresentados os projetos de Física desenvolvidos pelos alunos e expostas as suas avaliações, que foram feitas especialmente a partir das propostas do professor-pesquisador e dos panfletos que cada equipe confeccionou e apresentou nos dias das Feiras. A descrição e a análise dos projetos desenvolvidos pelos alunos de cada escola serão apresentadas em seções individuais. Antes, porém, apresenta-se a proposta do professor-pesquisador.

3.3.1 Projeto „O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar“

Este projeto estuda o uso de películas e vidros. Assim como neste e nos dois próximos projetos, os alunos utilizaram um espectrômetro feito com material de baixo custo e o aplicativo luxímetro instalado em celulares para medir quantitativamente o espectro e a luminosidade transmitida por esses materiais. Para complementar o projeto, os alunos selecionaram informações disponíveis na internet que enriqueceram o trabalho.

Título	O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar.
Questão motriz	Como os vidros e películas interferem na luz solar?
Apresentação e Descrição (Âncora)	<p>A luz solar apresenta variações perceptíveis quando mudamos de ambiente. Essas mudanças também podem ser visualizadas e analisadas usando aparelhos simples, como espectroscópios, espectrômetros e luxímetros.</p> <p>Os instrumentos acima citados trazem à tona várias possibilidades, dentre elas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - conhecer o espectro da luz solar e as alterações que nele ocorrem, quando a luz atravessa um vidro ou uma película, e medir a luminosidade dos ambientes. <p>Películas e vidros de proteção solar instalados em imóveis e automóveis aliviam o calor e evitam os resultados negativos da radiação. Como melhor aproveitar a iluminação solar fazendo o uso desses materiais? E o que acontece com a luz solar quando ela os atravessa?</p>
Sugestões de atividades (Brainstorming)	<p>Os procedimentos e atividades sugeridos a seguir darão mais credibilidade ao trabalho, à medida que os dados coletados complementarão os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Registrar o espectro solar apontando o espectrômetro diretamente para o céu; -Registrar o espectro solar no interior de imóveis e automóveis; -Testar diferentes tipos de películas e vidros com o espectrômetro* e registrar os espectros e o valor da luminosidade que esses materiais transmitem; - Identificar as películas e vidros que interferem na iluminação; - Realizar pesquisas na internet para complementar os dados coletados experimentalmente; <p>*Observação: Nas medições feitas no espectrômetro, deverá ser usada a lâmpada halógena, por emitir luz com espectro mais próximo ao da luz solar.</p>
Produto (Artefatos)	De posse dos dados coletados nos mais diversos ambientes e de vários materiais, a equipe terá que compará-los com pesquisas científicas disponíveis na internet e produzir um texto informativo (panfleto) que oriente as pessoas quanto às formas para aproveitar a luz solar economizando energia elétrica com iluminação artificial, com conforto térmico e se protegendo da radiação solar.
Materiais e recursos digitais utilizados	<ul style="list-style-type: none"> - Celular com sensor de luminosidade - Aplicativo luxímetro - Espectrômetro para lâmpadas - Notebook - Página: https://spectralworkbench.org

Quadro 1: Proposta do Projeto „O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar.“ Fonte: acervo do autor.

3.3.1.1 Trabalho desenvolvido na Escola 1

Na Escola 1, a equipe iniciou o panfleto explicando da seguinte forma a função dos vidros e películas no que se refere à luz e ao calor:

Alguns tipos de vidros com películas são usados para impedirem a passagem da luz e do calor solar. Existem variados tipos de vidros e películas para fazerem esse trabalho. Por exemplo, o vidro fumê usado em carros e casas para impedir a entrada de parte da luz.
(Texto da Escola 1)

Para descobrir e comprovar posteriormente para os participantes da Feira como os vidros e as películas influenciam nas características e na „quantidade“ de luz que os atravessam, foram utilizados pela Equipe 1 o espectrômetro, um celular rodando um aplicativo de luxímetro, algumas amostras de vidros e películas e uma lâmpada halógena de 70 W.

O vidro *float* incolor foi usado como parâmetro, uma vez que não provocou mudanças perceptíveis no espectro e na luminosidade que a Lâmpada halógena proporciona. A partir das leituras do espectro e da luminosidade feitas com o vidro *float* incolor (Figura 16a) e das mesmas leituras feitas com o vidro *float* incolor com película branca (Figura 16b), vidro jateado (Figura 16c) e vidro *float* incolor com película fosca (Figura 16d), os alunos chegaram a conclusões muito interessantes e aplicáveis no dia a dia.

Comparando o vidro *float* incolor com vidro *float* incolor com película branca, observaram um espectro visivelmente modificado e uma notável diferença na luminosidade aferida pelo luxímetro.

A partir das imagens coletadas e das leituras do luxímetro, a equipe concluiu que a película branca, embora ofereça uma boa privacidade, pode exigir o uso de lâmpada durante o dia, pois as medidas da luminosidade mostraram uma absorção de 83% da luz emitida pela lâmpada comparada à luminosidade transmitida pelo vidro *float* incolor. Entenderam a partir daí que o uso dessas películas pode acarretar num maior consumo de energia elétrica com iluminação artificial. As alterações na intensidade da luz por comprimento de onda também foram notórias, o que compromete ainda mais a luminosidade do ambiente.

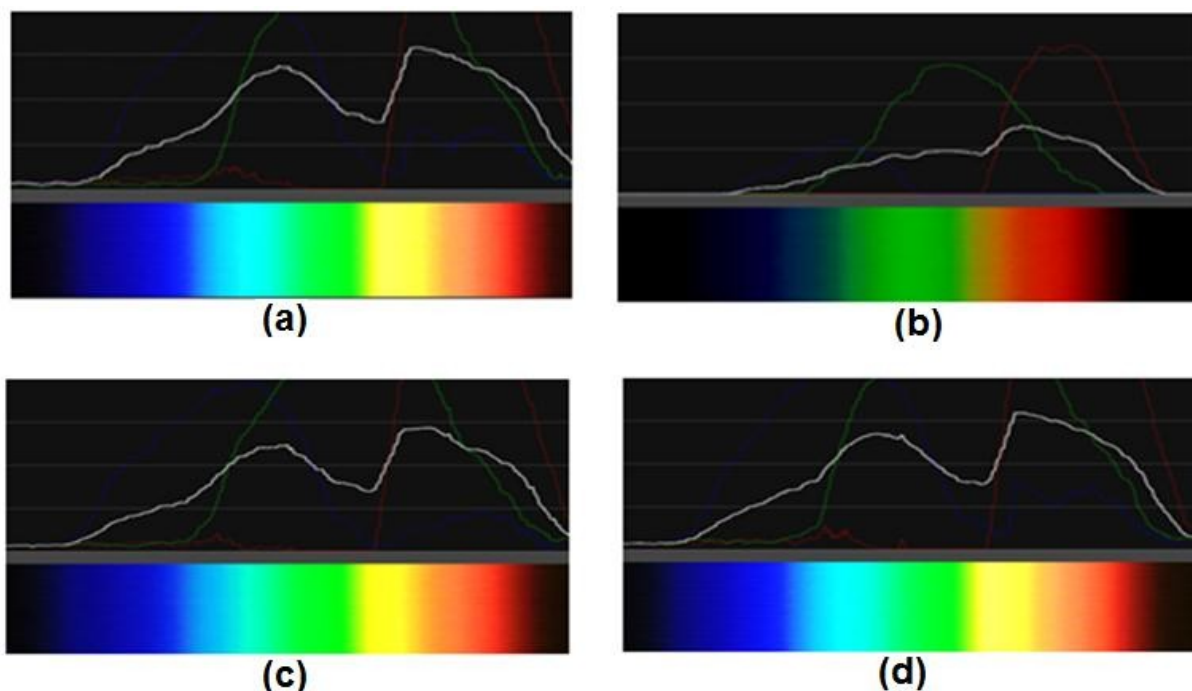


Figura 16: Imagens de Espectros de Luz (do violeta à esquerda ao vermelho à direita).
 Descrição: As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia transmitida por comprimento de onda pelo (a) vidro *float* incolor (Luminosidade: 911 lux), (b) vidro *float* incolor com película branca (luminosidade: 153 lux), (c) vidro jateado (luminosidade: 990 lux) e (d) vidro *float* incolor com película fosca (luminosidade: 998 lux).
 Fonte: Acervo do autor.

As leituras feitas com o vidro jateado (Figura 16c) e com o vidro *float* com película fosca (Figura 16d) possibilitaram outras constatações valiosas. Houve poucas alterações nas intensidades da luz por comprimento de onda e um aumento na luminosidade que foi de 8,7% e 9,5%, respectivamente. A partir destes dados a equipe concluiu que o vidro jateado e o vidro *float* com película fosca, além de interferirem muito pouco nas características da luz que os atravessam, garantem a privacidade do ambiente e proporcionam um melhor aproveitamento da luz solar.

O aumento da luminosidade ocorre devido à difusão da luz ao passar por materiais com superfícies rugosas.

O panfleto foi encerrado com algumas finalidades do uso de películas e vidros, que são:

- Melhor aproveitamento da luz solar, gerando economia de energia;
- Controle do calor no ambiente;
- Controle de luminosidade;
- Privacidade no ambiente.

Avaliando o projeto executado, observou-se que a equipe deu mais ênfase aos dados obtidos experimentalmente e considerou a análise desses dados como suficiente para cumprir com o objetivo do seu panfleto, que era o de explicar como os vidros e películas interferem na luz solar. Considera-se, então, que houve pouca exploração de conteúdos disponíveis na Internet.

Outra ressalva refere-se ao dado sobre o Controle de temperatura, que foi citado duas vezes no trabalho, porém a equipe não fez nenhuma experiência para validar tal afirmação. Apesar desses apartes, a avaliação do professor-pesquisador foi positiva, uma vez que cumpriram com a proposta do trabalho e conseguiram apreender o correspondente conteúdo estudado.

3.3.1.2 Trabalho desenvolvido na Escola 2

A equipe da Escola 2 explorou em suas pesquisas alguns tipos de vidros, expondo-os nos panfletos com o objetivo de apresentá-los como opções que podem atender as mais variadas necessidades. Dentre as propriedades contidas no panfleto destacam-se o controle da luminosidade e da temperatura e a atenuação do som.

O texto a seguir, retirado do panfleto produzido pelos alunos, ilustra um pouco do que foi pesquisado sobre os diferentes tipos de vidros.

“O desempenho foto energético do vidro refletivo, que filtra os raios solares através da reflexão da radiação, garante controle eficiente da intensidade de luz e de calor transmitidos para os ambientes internos. O vidro refletivo não é um espelho, ele reflete parcialmente para o lado onde há mais luz. Isso significa que, durante o dia, a reflexão é externa, e durante a noite é interna. Se essa reflexão for excessiva, o resultado pode ser desagradável. Portanto, é importante considerar o percentual de refletividade interna. A utilização de vidros coloridos influencia a cor refletida e altera o desempenho foto térmico do vidro refletivo, reduzindo a transmissão de luz direta, melhorando o fator solar e aumentando a absorção de energia. Por isso, é importante considerar também o efeito da cor ao especificar um vidro refletivo.” (Texto da Escola 2)

Além das pesquisas feitas na internet, a equipe mediu a intensidade da luz por comprimento de onda e a luminosidade transmitida por diversos tipos de vidros e películas disponíveis no mercado local utilizando um espectrômetro, um luxímetro e uma lâmpada halógena de 70 W de potência como fonte de luz. O objetivo dessas medidas foi analisar as características e a luminosidade da luz transmitida por esses materiais.

A partir dos resultados das medidas, os alunos concluíram que, além de interferirem na intensidade por comprimento de onda da luz, os vidros e películas alteram a luminosidade do ambiente tanto para menos (figuras 17c, 17d e 17f) quanto para mais (figuras 17b e 17e). E que optando por vidros que aumentam a luminosidade, pode-se economizar energia elétrica com iluminação artificial em determinados momentos do dia.

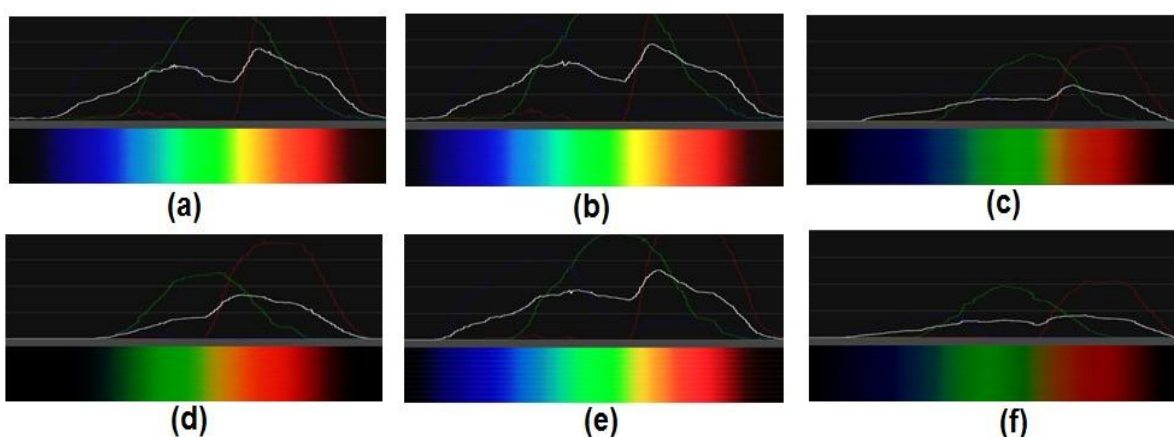


Figura 17: Imagens de espectros da luz (do violeta à esquerda ao vermelho à direita). Descrição: As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia transmitida pelos vidros (a) *float* incolor (luminosidade: 983 lux), (b) jateado (luminosidade: 997 lux), (c) fumê (luminosidade de 448 lux), (d) ártico amarelo (luminosidade: 270 lux), (e) vidro *float* incolor com película fosca (luminosidade: 997 lux) e (f) vidro *float* incolor com película *insulfilm* básica (luminosidade: 484 lux). Fonte: Acervo do autor.

3.3.2 Projeto „Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?“

Neste projeto, os alunos pesquisaram sobre lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes e *LED*. A pesquisa teve um cunho também experimental. Os alunos avaliaram qual lâmpada produz um espectro mais compatível com a necessidade da visão humana, e avaliaram ainda a economia que elas podem proporcionar.

Título	Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?
Questão motriz	Qual a melhor lâmpada para o nosso uso diário?
Apresentação e Descrição (Âncora)	Existem no mercado vários modelos de lâmpadas disponíveis para o uso doméstico. Você saberia dizer qual é o melhor modelo em termos de custo/benefício, economia, durabilidade e qualidade da luz emitida? Partindo desta questão, a equipe terá que testar os mais diferentes modelos de lâmpada usando um espectrômetro e aplicativos disponíveis gratuitamente no <i>Play Store</i> . As medições obtidas deverão ser estudadas e complementadas com o resultado de pesquisas científicas disponíveis na internet.
Sugestões de atividades (Brainstorming)	As atividades sugeridas a seguir darão mais credibilidade ao trabalho, à medida que os dados coletados complementarão os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet. <ul style="list-style-type: none"> a) - Conhecer os espectros emitidos pelos diferentes modelos de lâmpadas encontrados no mercado (halógena, incandescente, fluorescente e <i>LED</i>) utilizando o espectrômetro. b) - Comparar os diferentes tipos de lâmpadas quanto ao consumo de energia e eficiência luminosa; c) - Investigar se há um modelo de lâmpada que melhor atende os diferentes ambientes de uma casa; d) - Pesquisar qual lâmpada emite luz com características mais confortáveis para a nossa visão; e) - Analisar qual espectro melhor se aproxima do espectro da luz solar, que é a luz natural; f) - Comparar os espectros na faixa do visível e do infravermelho com a eficiência de cada lâmpada; f) - A partir de um modelo de lâmpada, testar qual é a potência mais indicada para o tamanho de um ambiente. Obter esse resultado usando um luxímetro e medindo a intensidade luminosa para verificar se a potência será ou não suficiente para o tamanho do ambiente.
Produto (Artefatos)	Produzir material que contenha informações importantes sobre cada modelo de lâmpada e que ajude as pessoas a escolherem quais delas poderão atendê-las de forma satisfatória em suas especificidades.
Materiais e recurso digitais utilizados	<ul style="list-style-type: none"> - Celular com sensor de luminosidade. - Aplicativo luxímetro. - Espectrômetro para lâmpadas. - Notebook. - Página: https://spectralworkbench.org.

Quadro 2: Proposta do Projeto „Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?”. Fonte: Acervo do autor.

3.3.2.1 Trabalho desenvolvido na Escola 1

O Projeto „Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?” envolveu as lâmpadas *LED*, incandescente, fluorescente e halógena. Nesse trabalho os alunos da Escola 1 fizeram um estudo que abrangeu a visão humana, a economia de energia elétrica e a eficiência luminosa, o funcionamento das lâmpadas e algumas dicas de como e onde usá-las conciliando economia e conforto.

No que se refere à visão, os alunos compararam o resultado de suas pesquisas sobre a percepção do olho humano em nível de intensidade por comprimento de onda com os dados obtidos no espectrômetro. A partir desse estudo, descobriram que apenas uma parcela da luz emitida pelas lâmpadas sensibiliza os nossos olhos, e que essa sensibilidade varia ao longo do dia.

O fragmento de texto a seguir foi retirado do panfleto confeccionado pelos alunos, e mostra como eles abordaram o tema.

“O olho é um sistema de percepção de luz formado por um agente fotorreceptor (retina) e um obturador (pupila). A retina é composta de dois tipos de fotorreceptores: cones e bastonetes. Os cones localizam-se na região central do campo visual, estão associados com a visão diurna, colorida, e com a percepção dos detalhes finos, enquanto os bastonetes localizam-se na periferia do campo de visual e estão associados à visão noturna. Podemos dizer que os cones são ativos em níveis de alta luminosidade e os bastonetes ativos em baixa luminosidade, ou seja, cones e bastonetes possuem respostas ou sensibilidades espectrais diferentes, definidas, respectivamente, como visão fotópica e visão escotópica.”
(Texto da Escola 1)

Em síntese, essa parte do trabalho foi finalizada com as imagens dos espectros de emissão de cada lâmpada e de gráficos da intensidade da energia liberada por elas e da sensibilidade do olho humano aos diferentes comprimentos de onda (Figura 18).

Uma das conclusões a que chegaram é que a Lâmpada *LED* comparada à incandescente emite luz em intensidades mais próximas à sensibilidade do olho humano, o que nos dá a percepção de um ambiente mais bem iluminado.

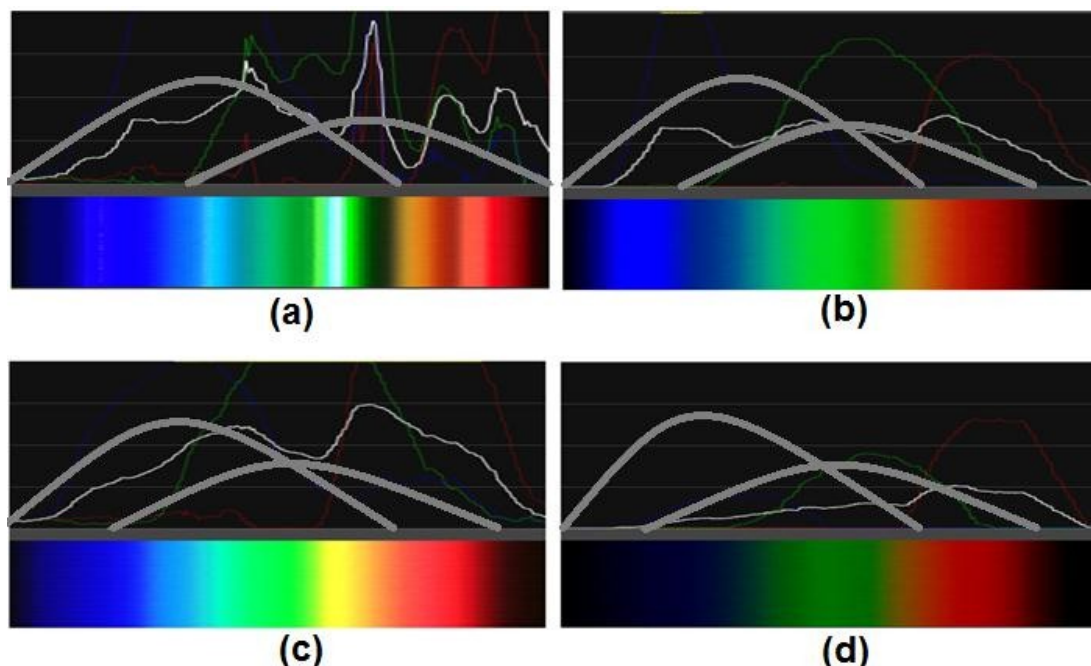


Figura 18: Imagens de espectros de emissão (do violeta à esquerda ao vermelho à direita). Descrição: Espectros de emissão de radiação eletromagnética (a) de uma lâmpada fluorescente (15W), (b) de uma lâmpada *LED* (6 W), (c) de uma lâmpada halógena (70 W) e (d) de uma lâmpada incandescente (40 W). As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia liberada pelas lâmpadas. E as linhas cinza mostram a sensibilidade do olho humano aos diferentes comprimentos de onda, sendo que a curva de menor intensidade representa a visão fotópica, correspondente à visão diurna, e a curva de maior intensidade representa a visão escotópica correspondente à visão noturna. Fonte: Acervo do autor.

No tocante à economia de energia elétrica e à eficiência luminosa, os alunos, por meio de um gráfico, compararam o custo da energia elétrica consumida pelas lâmpadas e a luminosidade que elas proporcionam (Gráfico 1).

O consumo de energia foi calculado a partir da equação $E = P \cdot \Delta t$, onde P é potência da lâmpada em watt e Δt é o intervalo de tempo de funcionamento em horas. Para o cálculo do custo foi utilizado um intervalo de tempo de uso diário de 6h num período de 30 dias e adotado R\$ 0,40 como sendo o preço médio do kWh.

Para medir a luminosidade das lâmpadas, os alunos usaram a própria estrutura do espectrômetro, posicionando o celular rodando um aplicativo de luxímetro conforme ilustrado na Figura 14.

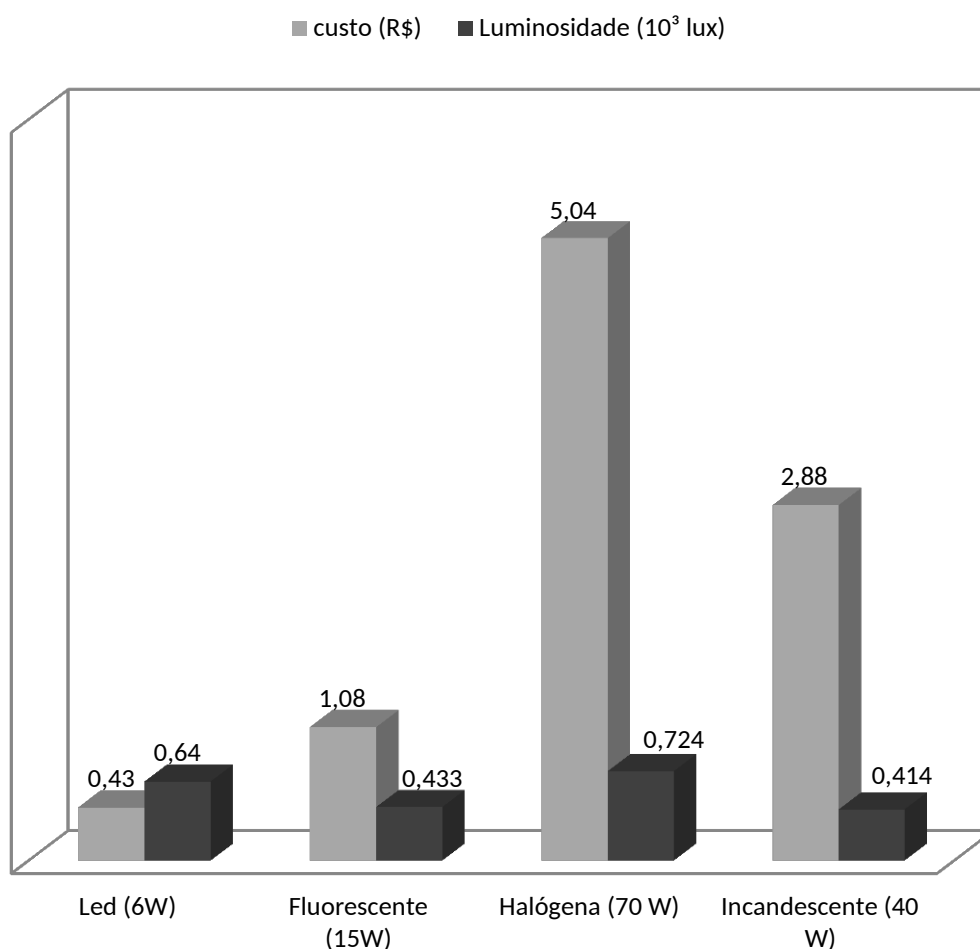


Gráfico 1: Custo X Luminosidade. Descrição: O gráfico faz um comparativo entre o custo (azul) e a luminosidade (vermelho) proporcionada pelas lâmpadas *LED*, Fluorescente, Halógena e Incandescente. O custo foi calculado considerando um tempo de uso diário de 6h num período de 30 dias e adotando R\$ 0,40 como sendo o preço médio do kWh. E a luminosidade foi medida obedecendo aos mesmos padrões e a título de comparação. Fonte: Acervo do autor.

Uma seção do panfleto intitulada „Saiba Mais” trouxe informações acerca do funcionamento dos diferentes modelos de lâmpadas e alguns detalhes de suas estruturas físicas. A seguir, os tópicos da referida seção.

🔦 Incandescente – Quando acionamos um interruptor, a corrente elétrica passa pela lâmpada através de duas gotas de solda de prata que se encontram na parte inferior e, em seguida, ao longo de fios de cobre que se acham firmemente fixados dentro de uma coluna de vidro. Entre duas extremidades dos fios de cobre estende-se um outro fio muito fino chamado de filamento. Quando a corrente passa por esse último, torna-o incandescente, produzindo luz.

🔦 Fluorescente - Funcionam de forma parecida aos tubos de gás neon, possuem um par de eletrodos em cada extremo. O tubo de vidro é coberto com

um material à base de fósforo. Este, quando excitado pela radiação ultravioleta gerada pela ionização dos gases, produz luz visível.

☛ *LED*- Diferente das lâmpadas comuns, as lâmpadas *LED* não possuem filamentos. Por não produzirem tanto calor quanto as outras que usam esses filamentos, elas duram mais. Por dentro dessa lâmpada existe uma fita de *LED* que produz luz quando por ela é percorrido uma energia elétrica. A lâmpada *LED* produz um espectro mais absorvível pelos nossos olhos, por isso ela contribui melhor para nossa visão, ou seja, ilumina mais o ambiente aos olhos humanos.

☛ Halógena - A lâmpada halógena tem um filamento de tungstênio semelhante ao da incandescente padrão, mas é muito menor pela mesma potência (W) e contém um gás halogênio na lâmpada. O bulbo é feito de vidro de quartzo fundido, sílica ou aluminossilicato.

O panfleto foi finalizado com as seções: „Onde usar cada tipo de lâmpada“, „Quer economizar mais? Use tintas mais claras“ e „Curiosidades“, como pode ser visto em seguida.

- Onde usar cada tipo de lâmpada

○ Nos quartos, as lâmpadas *LED* e incandescentes com luz branca são mais apropriadas.

○ No Banheiro, incandescentes ou fluorescentes.

○ No Escritório, Fluorescentes tubulares ou *LED* tubular.

○ Na Sala, fluorescentes compactas, pois são cômodos de maior permanência, pois têm uma iluminação geral e maior.

- Quer economizar? Use tintas mais claras.

• A iluminação do ambiente depende da potência da lâmpada e da cor das paredes. Uma parede escura necessita de uma lâmpada de maior potência. Na parede mais clara, a potência da lâmpada poderá ser menor, logo, influenciando também, no consumo de energia.

- Curiosidades

• A lâmpada incandescente produz mais calor do que energia, portanto sua temperatura se eleva mais do que a das outras, fazendo com que ela fique mais quente.

- A lâmpada incandescente e halógena produzem mais calor do que luz, sendo 96% de calor e 4% de luz.
- A lâmpada fluorescente gera 80 % de calor, e 20 % de luz.
- A lâmpada LED praticamente não emite calor, então a maior parte da energia elétrica por ela consumida é convertida em luz.

Esses conteúdos complementaram o trabalho e reforçaram o objetivo do panfleto, que era o de levar informações que contribuíssem para uma escolha mais consciente e crítica na hora da compra.

3.3.2.2 Trabalho desenvolvido na Escola 2

O trabalho desenvolvido pela equipe da Escola 2 focou inicialmente em expor as vantagens e desvantagens das lâmpadas incandescentes, fluorescentes, *LED* e halógenas, conforme pode ser visto no texto a seguir, retirado do panfleto confeccionado por eles.

I. Lâmpadas Incandescentes

Vantagens:

1. Elas produzem a luz chamada luz „quente', mais natural aos olhos humanos.
2. Elas são muito mais baratas. A sua luminosidade pode ser controlada.

Desvantagens:

- a) O seu grande consumo de energia, que tem feito com que sejam substituídas pelas lâmpadas fluorescentes compactas e até por LEDs.

II. Lâmpadas Fluorescentes

Vantagens:

- b) A iluminação fluorescente é de 66% mais barata do que a iluminação regular, proporcionando o mesmo brilho. Quando você considera que um quarto do consumo de energia de qualquer casa é formado pelo gasto das lâmpadas, a economia pode ser considerável com a adoção da iluminação fluorescente.

c) A iluminação fluorescente dura mais tempo. As lâmpadas fluorescentes tendem a consumir menos após o uso contínuo, e podem ser ligadas e desligadas, sem ter medo de queimá-las.

d) A iluminação fluorescente não emite calor, o que torna ideal para iluminação.

Desvantagens:

a) O custo inicial do sistema de iluminação fluorescente pode ser até três vezes maior do que outros tipos de lâmpadas. Isso pode significar que o gasto com lâmpadas fluorescentes é maior, mas a verdade é que, uma vez que lâmpadas fluorescentes duram mais tempo, economizam dinheiro a longo prazo.

b) A iluminação fluorescente pode oscilar visivelmente e produzem uma luz desigual que pode incomodar alguns usuários.

III. Lâmpadas *LED*:

Vantagens:

a) Mais eficientes. As lâmpadas *LED* têm o mesmo fluxo luminoso que as lâmpadas halógenas e consomem menos eletricidade. Por exemplo, para gerar a mesma quantidade de luz, uma lâmpada halógena consome 28 W, enquanto uma lâmpada *LED* necessita apenas de 4 W. Além disso, as lâmpadas *LED* praticamente não aquecem uma vez que as perdas de energia sob a forma de calor são mínimas.

b) Mais duradouras. Ao escolher lâmpadas *LED*, o indivíduo reduz custos de energia e manutenção. As *LEDs* apresentam um tempo de vida útil 30 vezes superior às lâmpadas de halogênio.

c) Mais rápidas. Quando uma lâmpada *LED* é acesa, a luz é gerada de forma imediata.

d) Mais sustentáveis.

Desvantagens:

a) Custo. O custo de uma lâmpada de *LED* ainda é muito superior ao custo de outras lâmpadas.

b) Dependência de componentes importados. Parte da matéria prima utilizada na fabricação das lâmpadas ainda é importada.

IV. Lâmpadas Halógenas:

Vantagens:

a) Índice de reprodução de cor (IRC) = 100 (equivalente às incandescentes e à luz natural do sol).

b) Temperatura torna o ambiente mais agradável em dias frios.

Desvantagens:

a) Durabilidade, comparada a tecnologias mais novas como lâmpadas de descarga compactas ou fluorescentes compactas. Hoje existem lâmpadas fluorescentes e de descarga que duram 8, 9, 10 mil horas, oferecendo melhor relação custo x benefício na maior parte dos casos.

b) As lâmpadas halógenas não são tão econômicas. Embora consumam menos que as incandescentes, consomem muito mais que as compactas e as fluorescentes.

Ao expor as vantagens e desvantagens da pesquisa, a equipe enriqueceu o trabalho em seu objetivo que foi o de orientar as pessoas quanto à melhor opção de lâmpada para quem busca por economia de energia elétrica, durabilidade e conforto visual. A equipe conseguiu concluir que as lâmpadas incandescentes e halógenas, por exemplo, são menos econômicas, mas em contrapartida elas emitem uma luz mais natural aos olhos humanos. Já a lâmpada fluorescente, que apesar do investimento inicial ser alto, é mais econômica, mas pode causar incômodos visuais por piscar visivelmente e emitir uma luz desigual. A lâmpada *LED* é apresentada como a melhor opção por ser econômica, duradoura e emitir um fluxo luminoso semelhante ao de uma lâmpada halógena.

Com a finalidade de comparar a luminosidade oferecida (Gráfico 2) com o consumo de energia elétrica (Gráfico 3), a equipe testou 4 lâmpadas, uma fluorescente de 20 W, uma LED de 4,8 W, uma incandescente de 60 W e uma halógena de 42 W.

A Luminosidade de cada lâmpada foi medida nas mesmas condições e a título de comparação.

Luminosidade

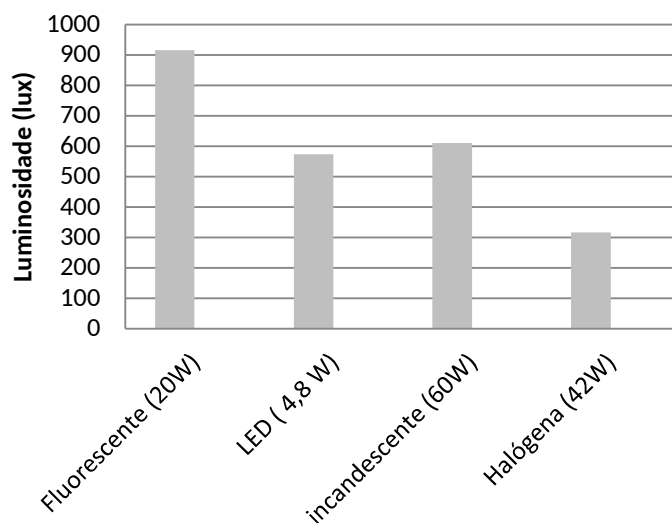


Gráfico 2: Medida da luminosidade. Fonte: Acervo do autor.

Consumo

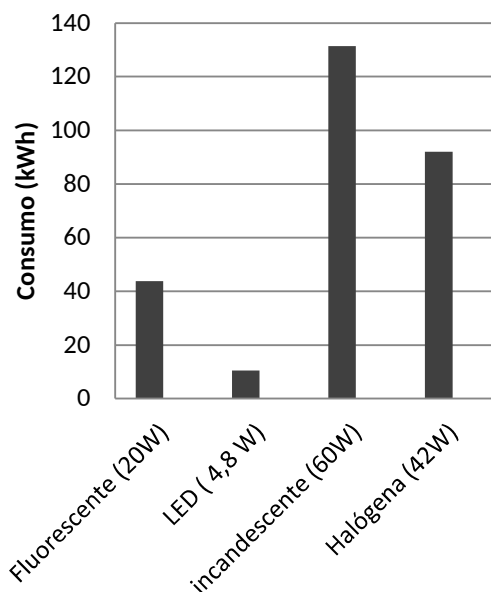


Gráfico 3: Consumo de energia elétrica. Fonte: Acervo autor.

Para o cálculo do consumo, consideraram-se as lâmpadas ligadas seis horas por dia em um período de um ano (365 dias).

A partir dos resultados descritos nos gráficos a equipe consolidou o conhecimento adquirido de que as lâmpadas fluorescentes e *LEDs* comparadas às lâmpadas halógenas e incandescentes são de fato mais econômicas e possuem uma maior luminosidade.

Para finalizar o trabalho, através do espectrômetro, a equipe mediu o espectro (Figura 19) das lâmpadas fluorescentes, incandescentes, halógenas e LED.

A partir das variações nas imagens dos espectros, a equipe entendeu que elas ocorrem devido aos diferentes processos de emissão luz e que cada elemento químico, como o mercúrio da lâmpada fluorescente tem seu próprio padrão característico de níveis de energia e, portanto, emite luz de acordo com seu padrão característico de frequências, ou espectro de emissão, quando excitado.

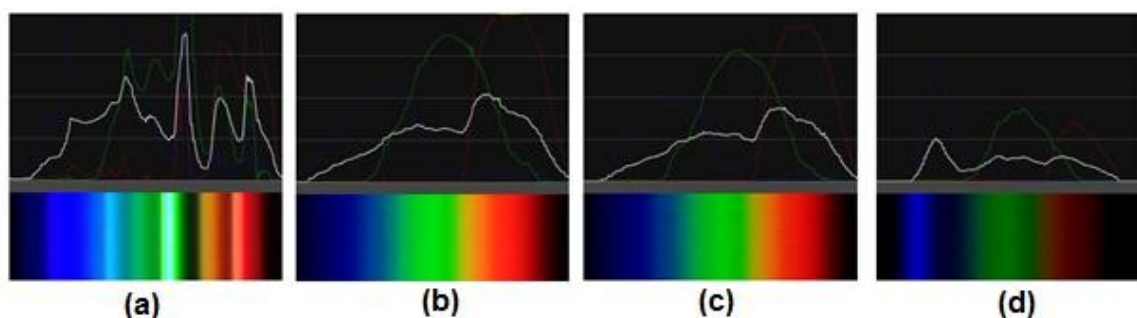


Figura 19: Imagens de espetros de emissão (do violeta à esquerda ao vermelho à direita). Descrição: Espectros de emissão de radiação eletromagnética (a) de uma lâmpada fluorescente (20W), (b) de uma lâmpada incandescente (60W), (c) de uma lâmpada halógena (42W) e (d) de uma lâmpada LED (4,8W). As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia liberada pelas lâmpadas por comprimento de onda. Fonte: Acervo do autor.

O panfleto foi finalizado com a seção „Saiba Mais“, que dizia o seguinte:

“A luz é uma onda eletromagnética, cujo comprimento de onda se inclui num determinado intervalo dentro do qual o olho humano é a ela sensível. Trata-se, de outro modo, de uma radiação eletromagnética que se situa entre a radiação infravermelha e a radiação ultravioleta. As três grandezas físicas básicas da luz são herdadas das grandezas de toda e qualquer onda eletromagnética: intensidade, frequência e polarização.” (Texto da Escola 2)

3.3.3 Projeto „Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas LED, incluindo as não certificadas pelo INMETRO“

Neste projeto, os alunos tiveram que comparar a eficiência e a qualidade de lâmpadas LED autenticadas e não autenticadas pelo INMETRO, além de realizar pesquisas de campo sobre o seu uso mais eficiente.

Título	Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas <i>LED</i> , inclusive as não certificadas pelo INMETRO.
Questão motriz	Será que todas as lâmpadas <i>LED</i> possuem a mesma qualidade?
Apresentação e Descrição (Âncora)	As lâmpadas <i>LED</i> , inicialmente usadas como decorativas, hoje já são uma opção de principal fonte luminosa das residências. Por ser muito econômica, o uso desse tipo de lâmpada tem crescido muito nos últimos anos. E isso chamou a atenção da indústria, levando várias empresas a fabricarem este tipo de lâmpada, cuja introdução no mercado se deu sem a certificação do INMETRO. A partir deste dado, a equipe terá a tarefa de testar um conjunto de lâmpadas utilizando o espectrômetro e o luxímetro, comparando os espectros e a luminosidade emitida por cada uma ao longo do tempo e confrontar os resultados obtidos experimentalmente com os resultados das pesquisas científicas disponíveis na internet.
Sugestões de atividades (Brainstorming)	As atividades sugeridas a seguir, darão mais credibilidade ao trabalho, à medida que os dados coletados complementarão os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet. - Comparar o espectro emitido por diferentes marcas de lâmpadas <i>LED</i> , inclusive as não certificadas pelo INMETRO; - Comparar a potência elétrica com a luminosidade emitida por cada modelo; - Verificar se haverá alguma alteração no espectro ou queda na luminosidade após usar a lâmpada por um período pré-determinado.
Produto (Artefatos)	Produzir um panfleto que contenha informações e o resultado dos testes efetuados com as lâmpadas <i>LED</i> , a fim de orientar as pessoas quanto ao uso consciente dos variados modelos de lâmpadas disponíveis no mercado.
Materiais e recursos digitais utilizados	- Celular com sensor de luminosidade. - Aplicativo luxímetro. - Espectrômetro para lâmpadas. - Notebook - Página: https://spectralworkbench.org .

Quadro 3: Proposta do Projeto „Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas *LED*, incluindo as não certificadas pelo INMETRO“. Fonte: Acervo do autor.

3.3.3.1 Trabalho desenvolvido na Escola 1

O projeto sobre lâmpadas *LED*, além de apresentá-las como uma fonte de luz moderna e muito econômica, teve o objetivo de alertar as pessoas quanto à garantia delas.

No panfleto elaborado pela equipe da Escola 1, havia os seguintes tópicos: „Conhecendo o *LED*“; „Lâmpadas *LED*“; „Consumo das lâmpadas *LED*“ e „Saiba como economizar mais“.

No tópico „Conhecendo o *LED*“, os diodos emissores de luz foram apresentados como fontes de luz baseados em materiais semicondutores, que apresentam uma elevada eficiência, longo tempo de vida e elevada robustez. O texto explicou que o desenvolvimento, nos últimos 20 anos, de *LED* azuis muito

eficientes abriu a possibilidade de utilizar estes dispositivos na geração da designada luz branca, os „LED brancos“, que já começaram a entrar nas nossas casas e que vão certamente revolucionar as tecnologias de iluminação nos próximos anos.

Com o objetivo de aguçar a curiosidade do leitor, a equipe introduziu no panfleto as seguintes perguntas:

- I. Será que você realmente está economizando ao escolher a lâmpada *LED*?
- II. Será que ela realmente tem a durabilidade registrada nas embalagens?

Com o intuito de responder a essas perguntas, a equipe testou três lâmpadas *LEDs* de marcas e potências diferentes, sendo duas certificadas pelo INMETRO e uma não certificada. Os resultados obtidos foram surpreendentes.

A lâmpada A, por exemplo, que não possuía a certificação do INMETRO, apresentou uma perda de 14% na luminosidade após 20 dias ligada ininterruptamente, além de alterações no espectro (Figuras 20a e 20b) da luz emitida. Já a lâmpada B apresentou uma perda de 10% na luminosidade após 20 dias ligada ininterruptamente, além de alterações no espectro (Figuras 21a e 21b) da luz emitida. E a lâmpada C (Figura 22) apresentou uma perda de 14% na luminosidade após 20 dias ligada ininterruptamente, e também com alterações no espectro da luz emitida.

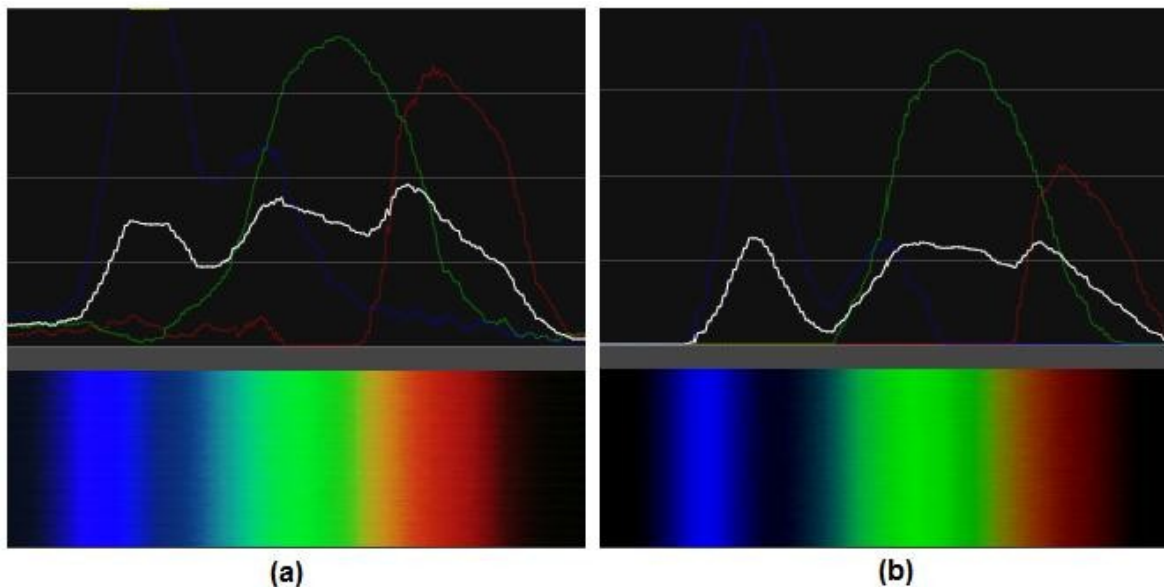


Figura 20: Imagens de espectros de emissão - lâmpada da marca A (do violeta à esquerda ao vermelho à direita). Descrição: Espectros de emissão de radiação eletromagnética emitido por uma lâmpada *LED* de 7 W de potência (a) nova e (b) com 20 dias ligada ininterruptamente. As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia liberada pelas lâmpadas. Foi registrada uma perda de 14 % na luminosidade. Fonte: Acervo do autor.

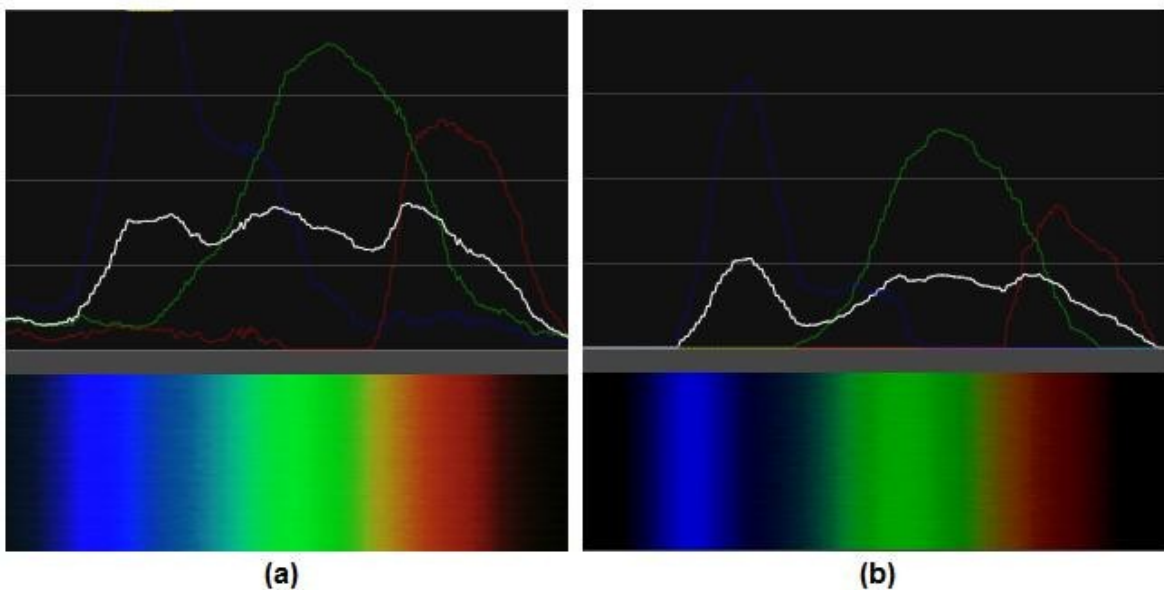


Figura 21: Imagens de espectro de emissão - lâmpada da marca B (do violeta à esquerda ao vermelho à direita). Descrição: Espectros de emissão de radiação eletromagnética emitido por uma lâmpada *LED* de 6 W de potência (a) nova e (b) com 20 dias ligada ininterruptamente. As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia liberada pelas lâmpadas. Foi registrada uma perda de 10 % na luminosidade. Fonte: Acervo do autor.

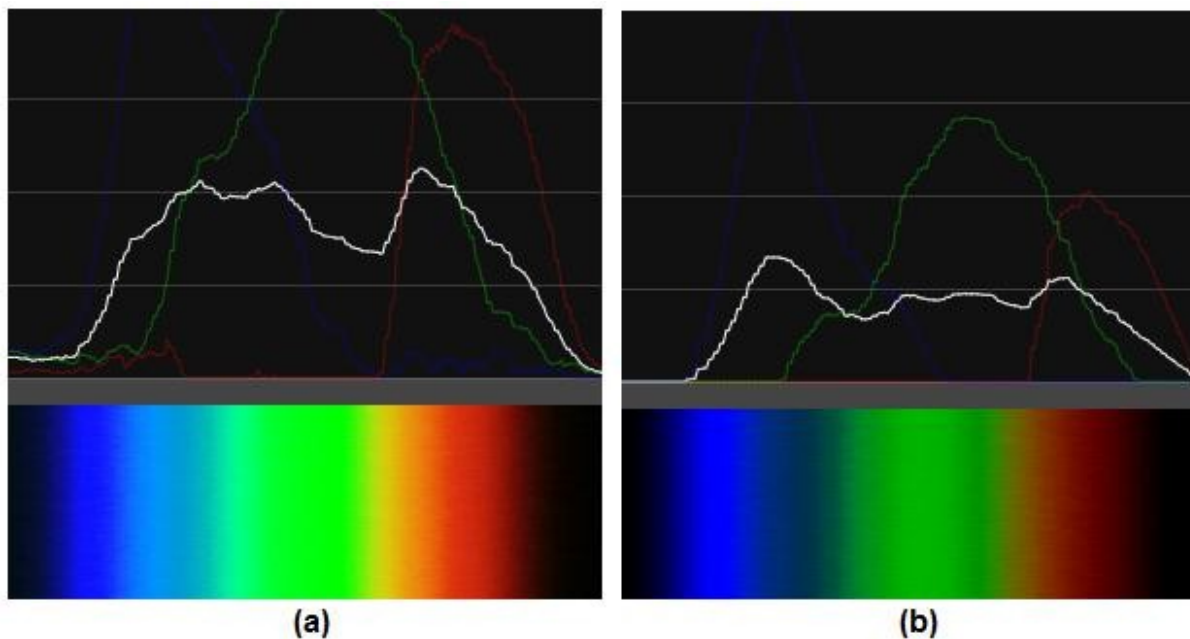


Figura 22: Imagens de espectro de emissão - lâmpada da marca C (do violeta à esquerda ao vermelho à direita). Descrição: Espectros de emissão de radiação eletromagnética emitido por uma lâmpada *LED* de 9 W de potência (a) nova e (b) com 20 dias ligada ininterruptamente. As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia liberada pelas lâmpadas. Foi registrada uma perda de 14 % na luminosidade. Fonte: Acervo do autor.

A partir desses resultados a equipe levantou a hipótese de que as lâmpadas *LED* não têm a duração prometida. Para comparar a economia de energia e à durabilidade, a equipe expos no panfleto a Figura 23 que compara a lâmpada *LED* com as lâmpadas fluorescente e incandescente.

EQUIVALÊNCIA			
VIDA ÚTIL	50000 Hs	8000 Hs	1200 Hs
CONSUMO	5 W	10 W	50 W
CUSTO EM 6 MESES	R\$ 5,58	R\$ 10,50	R\$ 52,40
DURABILIDADE (ciclo 12hs)	10 anos	18 meses	3 meses
EMISSÃO DE CALOR	MUITO BAIXA	MÉDIA	MUITO ALTA
ECOLÓGICA	não contem mercúrio	contem mercúrio	não contem mercúrio

Figura 23: Comparativo entre as lâmpadas *LED*, fluorescente e incandescente. Fonte: Panfleto da Escola 1¹.

¹ A fonte da figura não foi encontrada na internet pelo professor pesquisador, mas o conteúdo da mesma pode ser comparado ao que se encontra no endereço: <https://blog.creativecopias.com.br/5356-2/>.

Finalizaram com os seguintes comentários:

“Os dados da tabela indicam que a lâmpada *LED* é a mais econômica, pois em 6 meses (ligada 12 h por dia) foi a que teve o menor consumo de energia. O custo foi calculado com o preço do kWh em R\$: 0,51.” (Texto da Escola 1)

Outro ponto relevante e que foi explorado pelos alunos no trabalho diz respeito à forma de economizar ainda mais com as lâmpadas *LED*, usando lâmpadas de potências diferentes em cômodos de tamanhos diferentes. Para tanto, a equipe fez testes colocando uma lâmpada *LED* de 9 W de potência em diferentes cômodos de uma residência e mediu a luminosidade nos mesmos. O resultado foi exposto através de um gráfico que relacionou o volume do cômodo com a luminosidade medida no mesmo (Gráfico 4). Os alunos concluíram com a pesquisa que é possível economizar um pouco mais utilizando lâmpadas menos potentes em cômodos menores. Esse resultado foi importante para os visitantes, já que confessaram que utilizam a mesma lâmpada para todos os cômodos de suas residências.

Medida da luminonidade em diferentes cômodos de uma residência

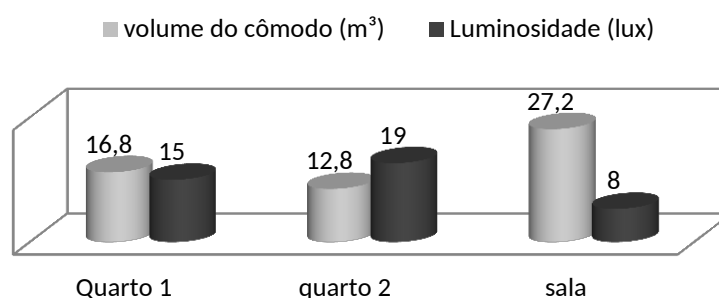


Gráfico 4: Luminosidade X Volume. Fonte: Acervo do autor.

A partir do resultado exposto, o trabalho realizado pelos alunos foi considerado satisfatório por ter cumprido com os objetivos do projeto e, mais importante do que isso, pelo engajamento demonstrado pelos alunos durante todas as atividades. O trabalho proporcionou aos discentes uma experiência ímpar ao experimentar fazer pesquisa dando-lhes uma ideia de como o conhecimento que temos hoje foi construído. Em termos de conhecimentos constantes no currículo verificou-se a presença do espectro eletromagnético da luz, processo de emissão

por *LEDs* e potência elétrica.

3.3.3.2 Trabalho desenvolvido na Escola 2

A equipe da Escola 2 que executou o trabalho sobre lâmpadas *LED* iniciou o panfleto com detalhes sobre a definição de um *LED*, apontamentos a respeito de onde é usado e explicações referentes ao processo de emissão. Distribuíram as informações no panfleto que produziram da seguinte maneira:

_ Conheça o *LED*

O diodo emissor de luz, também conhecido pela sigla em inglês *LED* (*Light Emitting Diode*), é usado para a emissão de luz em locais e instrumentos onde se torna mais conveniente a sua utilização no lugar de uma lâmpada. Ele é especialmente utilizado em produtos de microeletrônica como sinalizador de avisos, também pode ser encontrado em tamanho maior, como em alguns modelos de semáforos. Também é muito utilizado em painéis de *LED*, cortinas de *LED*, pistas de *LED* e postes de iluminação pública, permitindo uma redução significativa no consumo de eletricidade.

_ Processo de emissão de luz pelo *LED*

O processo de emissão de luz pela aplicação de uma fonte elétrica de energia é chamado eletroluminescência. Em qualquer junção P-N polarizada, dentro da estrutura, próximo à junção, ocorrem recombinações de lacunas e elétrons. Essa recombinação exige que a energia possuída pelos elétrons seja liberada, o que ocorre na forma de calor ou fótons de luz.

Um semicondutor cristalino possui um conjunto de propriedades baseadas nos elétrons de valência dos átomos que o constituem, entre as quais a modificação dos níveis de energia atômicos dos átomos individuais em bandas de energia bem definidas (devido à presença de N átomos na rede), designadas por „banda de valência“ e „banda de condução“ e que possuem estados de energia que podem ser ocupados por elétrons. Quanto um elétron salta da banda de condução para a banda de valência, um fóton de luz é emitido.

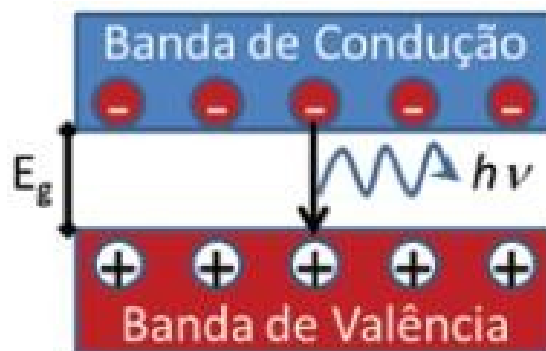


Figura 24: Bandas de energia. Fonte: <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/119/article/991/pdf>

A luz emitida não é monocromática, mas a banda colorida é relativamente estreita. A cor, portanto, depende do cristal e da impureza de dopagem com que o componente é fabricado. O *LED* que utiliza o arsenieto de gálio emite radiações infravermelhas. Dopando-se com fósforo, a emissão pode ser vermelha ou amarela, de acordo com a concentração. Utilizando-se fosfeto de gálio com dopagem de nitrogênio, a luz emitida pode ser verde ou amarela. Hoje em dia, com o uso de outros materiais, consegue-se fabricar *LEDs* que emitem luz azul, violeta e até ultravioleta. Existem também os *LEDs* brancos, mas esses são geralmente *LEDs* emissores de cor azul, revestidos com uma camada de fósforo do mesmo tipo usado nas lâmpadas fluorescentes, que absorve a luz ultravioleta e emite a luz branca.

_ Curiosidades

Com o barateamento do preço, seu alto rendimento e sua grande durabilidade, os *LEDs* tornam-se ótimos substitutos para as lâmpadas comuns, e devem substituí-las a médio ou longo prazo. Existem também os „*LEDs* brancos“, chamados *RGB* (mais caros), e que são formados por três „chips“, um vermelho (R de *red*), um verde (G de *green*) e um azul (B de *blue*). Uma variação dos *LEDs RGB* são *LEDs* com um micro controlador integrado, o que permite que se obtenha um verdadeiro show de luzes utilizando apenas um *LED*.

Com a finalidade de verificar como as lâmpadas *LEDs* se comportam com o tempo, a equipe testou quatro lâmpadas com o espectrômetro e com o luxímetro. Na Figura 25 estão os espectros dessas lâmpadas antes e depois de vinte dias ligadas ininterruptamente.

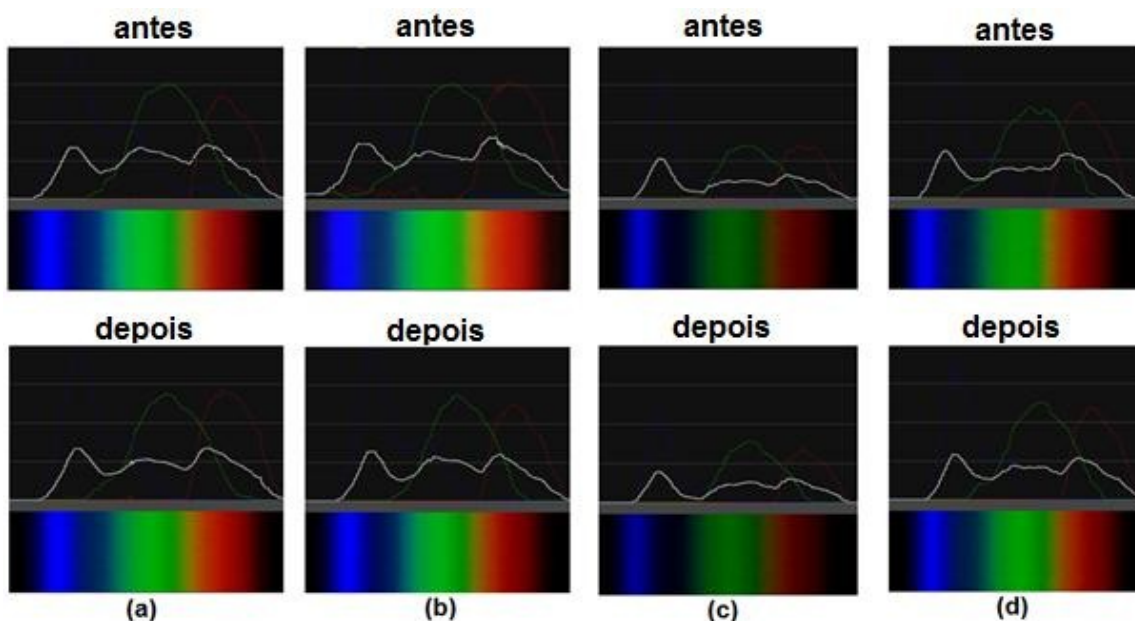


Figura 25: Espectros de lâmpadas *LEDs* (do violeta à esquerda ao vermelho à direita).
 Descrição: Espectros de emissão de radiação eletromagnética emitido por lâmpadas *LEDs* antes e após 20 dias de uso. Em (a) uma lâmpada de 9 W de potência apresentou uma perda de 15% da luminosidade. Em (b) uma lâmpada de 9 W de potência apresentou uma perda de 18% da luminosidade. Em (c) uma lâmpada de 7 W de potência e sem a certificação do INMETRO apresentou uma perda de 9% da luminosidade. Em (d) uma lâmpada de 7 W de potência apresentou uma perda de 7% da luminosidade. As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia liberada pelas lâmpadas por comprimento de onda. Fonte: Acervo do autor.

Os resultados das medições mostraram que, para todas as quatro lâmpadas testadas houve uma perda considerável na luminosidade considerando o curto período de tempo de vinte dias.

E através das imagens, os alunos puderam perceber também a dependência da intensidade da energia emitida por comprimento de onda, o que futuramente o ajudará entender o que é um espectro de emissão e como ele pode variar de um tipo de fonte luminosa para outro, conforme seu processo de emissão e características do material.

3.3.4 Projeto „Telas de LED – o que precisamos saber!“

Neste projeto, os alunos obtiveram experimentalmente espectros emitidos pelas telas *LED* de diferentes aparelhos e da luz solar, além da intensidade luminosa. No decorrer da pesquisa, os alunos tiveram que comparar os dados obtidos com o resultado de pesquisas realizadas via internet. O principal material utilizado foi o espectroscópio portátil acoplado a um celular.

Título	Telas de <i>LED</i> – o que precisamos saber!
Questão motriz	O uso prolongado do celular ou outro aparelho com tela de <i>LED</i> pode prejudicar nossa visão?
Apresentação e Descrição (Âncora)	Telas de <i>LED</i> possibilitaram a fabricação de aparelhos mais compactos e econômicos e são utilizadas em <i>notebooks</i> , <i>tablets</i> , celulares, TVs, dentre outros. Com o uso de um espectroscópio portátil que pode ser facilmente construído e acoplado a um celular e aplicativos disponíveis gratuitamente no <i>Play Store</i> , a equipe terá que obter os espectros da luz emitida por telas dos mais variados aparelhos, além de medir a luminosidade que elas proporcionam. Em seguida, estabelecerão um paralelo dos dados coletados experimentalmente com os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet.
Sugestões de atividades (Brainstorming)	As atividades sugeridas a seguir, darão mais credibilidade ao trabalho, à medida que os dados coletados complementarão os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet, dando base para que a equipe responda a questão motriz. <ul style="list-style-type: none"> - Comparar o espectro de emissão da luz emitida por diferentes telas <i>LED</i>, como as de computadores, <i>notebooks</i>, <i>tablets</i> e celulares. - Comparar o espectro da luz solar com o espectro da luz emitida por uma tela <i>LED</i>. - Pesquisar se há alguma característica da luz emitida pelas telas <i>LEDs</i> que podem causar um desconforto em nossa visão. Relacione o resultado da pesquisa com os espectros obtidos. - Pesquisar se o uso constante desses aparelhos pode acarretar em algum dano a nossa visão e como explicar isso através do espectro e da fisiologia do olho humano. - Medir a variação da luminosidade com a distância da tela. - Pesquisar se há uma distância segura para utilizar aparelhos com telas de <i>LED</i> e se esse afastamento tem relação com a luminosidade e o tamanho da tela.
Produto (Artefatos)	Produzir um material que oriente as pessoas quanto ao uso seguro e adequado das telas de <i>LED</i> .
Materiais e recursos digitais utilizados	<ul style="list-style-type: none"> - Espectroscópio portátil acoplado a um celular. - Celular com sensor de luminosidade. - Aplicativo <i>Spectra UPB</i>. - Aplicativo luxímetro. - Caixa de papelão ou de sapato encapada internamente com folha branca. Na caixa deve ser feita uma pequena abertura para o encaixe de um celular.

Quadro 4: Proposta do Projeto „Telas de *LED* – o que precisamos saber!”. Fonte: Própria.

3.3.4.1 Trabalho desenvolvido na Escola 1

Na Escola 1, a equipe iniciou o panfleto com o resultado de uma pesquisa sobre o uso de aparelhos com telas de *LED* e os problemas que o uso excessivo deles podem causar à nossa visão. A pesquisa dizia o seguinte:

“Nos dias de hoje, é praticamente impossível passar o dia sem olhar a tela da televisão, do computador ou do celular. Um estudo realizado pela Millward Brown Brasil e NetQuest em 2016 revelou que o brasileiro gasta mais de três horas por dia de frente para o celular. E o uso excessivo desses aparelhos tem aumentado a incidência de problemas de visão. Alguns especialistas aconselham uso moderado dos aparelhos e proteção com lentes fotossensíveis. Os primeiros sintomas de problemas relacionados a este tipo de luminosidade não se manifestam de imediato. Segundo a especialista, é impossível perceber anomalias a curto prazo, mas qualquer sinal de fadiga visual, sensação de olhos secos, irritação ocular e até coceira, deve ser avaliado clinicamente (O ESTADO DE S. PAULO, 2017).”

O trabalho dessa equipe também apresentou algumas dicas para minimizar os impactos que a luz das telas de *LED* pode causar.

- Para quem trabalha em escritório, por exemplo, o ideal é que o computador esteja sempre no mesmo nível do olhar. Caso esteja acima, a musculatura ocular demora mais tempo para renovar a superfície lacrimal, deixando o olho desidratado.

- Além disso, não se deve prolongar a permanência em frente à tela. Pausas a cada duas horas ajudam a evitar maiores complicações.

- Ar-condicionado também desidrata os olhos e amplia os problemas causados pela luminosidade, especialmente em ambientes menores como o interior do carro.

- É importante lembrar-se de ajustar as configurações de cada tela para que o brilho se regule de acordo com a luminosidade do local. Ambientes escuros não precisam de um alto brilho no *display* do celular.

No projeto que foi entregue aos alunos foi pedido à equipe que fizesse uma análise da luz emitida por diferentes telas *LED*, mas a equipe optou por analisar somente a luz emitida pelas telas de *LED* dos celulares. No espectro obtido (Figura 26), observou-se que a intensidade do azul era maior comparada à intensidade das outras cores.

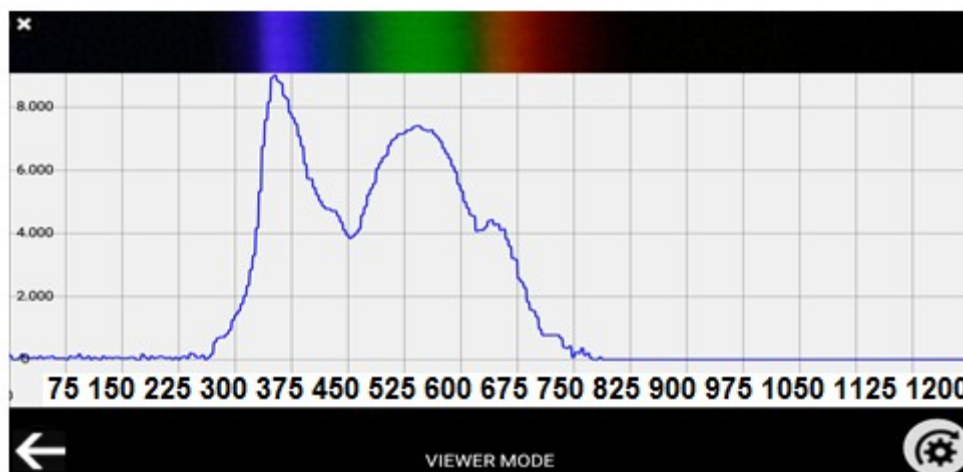


Figura 26: Espectro da luz emitida pela tela LED um celular (do violeta à esquerda ao vermelho à direita). Descrição: As áreas marcadas em azul são proporcionais à intensidade da energia liberada por comprimento de onda pela tela do celular. Fonte: Acervo do autor.

As pesquisas feitas na internet, além de confirmar a desproporção do azul em relação às outras cores, alertaram sobre os possíveis malefícios à nossa visão.

- Espectro visível

A luz que atinge e entra no olho humano é dividida em luz visível, incluindo comprimentos de onda de 380 (Violeta) a 780 nm (vermelho), e luz não visível, que inclui luz no alcance ultravioleta (luz UV) e alcance infravermelho (luz IR). Há algum tempo, especialistas têm conhecimento de que a luz UV pode danificar potencialmente o tecido biológico, como nossa pele e nossos olhos. É por isso que as pessoas normalmente tomam precauções para proteger-se do sol usando itens como protetor solar ou um par de óculos escuros. No entanto, a luz azul violeta visível também tem o potencial de causar danos aos nossos olhos. Embora a luz azul violeta tenha menos energia do que a luz ultravioleta, é quase inteiramente não filtrada ao passar pelo olho e atinge a retina. Por outro lado, a luz ultravioleta é quase inteiramente absorvida pela parte frontal do olho e significativamente menos do que 5% dela alcança a retina.

A equipe descobriu que a luz azul também tem seus benefícios. Ela é um importante meio de regular os nossos ritmos biológicos e afeta nosso bem-estar geral. A luz influencia se estamos ou não acordados, concentrados e produtivos e se nos sentimos energizados e saudáveis.

A luz, em particular a luz azul, que alcança a retina, também afeta nosso bem-estar psicológico. É por isso que a terapia da luz é usada com sucesso para tratar a depressão de inverno e a insônia.

Com relação aos efeitos prejudiciais, o panfleto dizia que o excesso de luz nas faixas ultravioleta e azul violeta pode causar lesões no olho humano. Além de causar inflamação dolorosa da conjuntiva e da córnea, ela pode produzir lesões no cristalino do olho (p. ex.: catarata) e, sobretudo, na retina (degeneração macular).

- O mundo moderno: fontes de luz com alta proporção de luz azul

De diodos emissores de luz (*LEDs*) e lâmpadas de xénon às lâmpadas de baixo consumo e à radiação eletromagnética de telas, todas as „novas fontes de luz“ criadas para melhorar e facilitar a nossa vida contêm uma proporção mais alta de luz azul do que as lâmpadas tradicionais. A composição diferente do espectro de luz significa que somos expostos a uma quantidade significativamente maior de luz azul do que éramos anteriormente, como a luz Solar (Figura 27). Isso pode surtir um efeito prejudicial sobre a nossa visão.

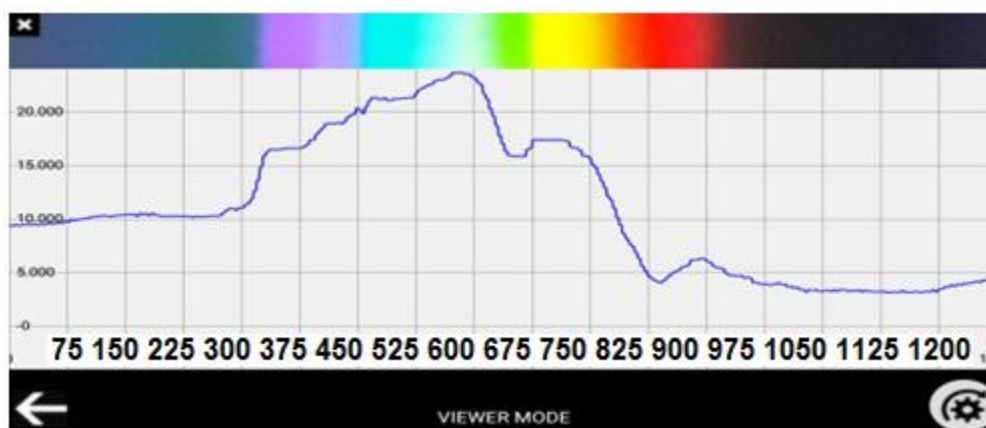


Figura 27: Espectro da luz emitida pelo Sol (do violeta à esquerda ao vermelho à direita). Descrição: As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia liberada por comprimento de onda pelo Sol. Fonte: Acervo do autor.

- Lentes de óculos claras com filtro para luz azul

Faz sentido que as lentes de óculos claras não requeiram proteção UV se forem usadas principalmente em ambientes internos. Contudo, é possível obter lentes com filtro de luz azul, como as que utilizam o revestimento *DuraVision® Blue Protect*.

- Por que fazer isso?

A radiação de luz azul de fontes de luz ou telas pode irritar ou cansar os olhos de algumas pessoas (Figura 28). Um filtro azul pode dar mais nitidez à visão de algumas pessoas: os diversos comprimentos de luz visível são refratados pela córnea e pelo cristalino de maneiras ligeiramente diferentes, de modo que nem todos eles atingem o mesmo ponto focal na retina.

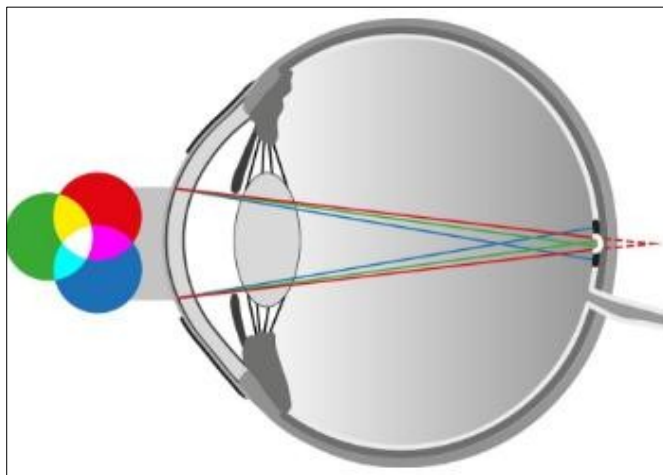


Figura 28: Olho humano. Fonte: https://www.zeiss.com.br/vision-care/pt_br/better-vision/entendendo-a-visao/olho-e-visao/a-luz-azul-o-que-faz-bem-e-o-que-faz-mal.html

- Como os serviços digitais estão mudando nossa visão

Tablets, *smartphones* e outras telas digitais não estão mudando somente o espectro de luz a que estamos expostos, também estão mudando nosso comportamento visual. É importante reconhecer que estamos passando mais tempo olhando as coisas „de perto” do que fazíamos antes. Isso muitas vezes se deve ao brilho de fundo ser muito baixo. E até as crianças apresentam esse problema: a „miopia escolar” está relacionada ao aumento da propensão das crianças de ter miopia assim que entram na escola.

O projeto sobre telas *LED* foi outro que despertou muito a atenção dos visitantes, os alunos mediram na hora o espectro emitido pela tela do celular e o compararam com o espectro da luz emitida pelo Sol que já haviam medido.

Os alunos da equipe desenvolveram os trabalhos a partir desses dados e se aprofundaram na luz azul violeta emitida pelas telas *LED* e os problemas que o uso inadequado delas pode causar à visão humana. Uma das integrantes da equipe, a aluna com mais idade em comparação com os demais, 40 anos, sempre

apresentou muita dificuldade em Física, entretanto, foi a motivadora do grupo, fazendo uma ótima apresentação ao manusear o espectroscópio portátil explicando a diferença entre o espectro da luz solar e o espectro da luz da tela *LED* de um celular. O projeto trouxe a ela mais confiança e autoestima, melhorando significativamente sua participação em sala de aula.

3.3.4.2 Trabalho desenvolvido na Escola 2

A equipe da Escola 2 iniciou o panfleto com algumas informações importantes sobre os *LEDs*.

“Atualmente vários equipamentos eletrônicos possuem luzinhas piscando. Pois bem, isso é um *LED*. O *LED* possui um semicondutor com capacidade de emitir luzes de diversas cores. A tecnologia já existe há mais de 25 anos, porém, diferentemente de atualmente, só era possível emitir a cor amarela e vermelha. Atualmente é possível transmitir várias cores. Os *LEDs* são usados em vários equipamentos, como faróis de carros, semáforos, lâmpadas residenciais. Apesar de o *LED* ser um componente muito comentado hoje em dia, sua invenção, por Nick Holonyac, aconteceu em 1963, somente na cor vermelha, com baixa intensidade luminosa (1mcd). Por muito tempo, o *LED* era utilizado somente para indicação de estado, ou seja, em rádios, televisores e outros equipamentos, sinalizando se o aparelho estava ligado ou não.” (Texto da Escola 2)

Na sequência, o panfleto trouxe o resultado de algumas pesquisas que alertavam o leitor com relação aos prejuízos que as telas de *LED* podem trazer à visão. A pesquisa dizia o seguinte:

“Nos dias de hoje, é praticamente impossível passar o dia sem olhar a tela da televisão, do computador ou do celular. Um estudo realizado pela Millward Brown Brasil e NetQuest em 2016 revelou que o brasileiro gasta mais de três horas por dia de frente para o celular. Entre os jovens, a média é ainda maior: quatro horas. E o uso excessivo desses aparelhos tem aumentado a incidência de problemas de visão.

A luz azul violeta emitida por TVs, celulares, computadores, *tablets* e também por lâmpadas *LED* podem causar danos irreversíveis segundo a diretora da Sociedade de Oftalmologia Pediátrica da América Latina, Márcia Beatriz Tartarella “O efeito da radiação por fototoxicidade vai se acumulando nas células da retina, e isso causa a degeneração da mácula, área nobre da visão humana”, afirma. Segundo a especialista, é impossível perceber anomalias a curto prazo, mas qualquer sinal de fadiga visual, sensação de olhos secos, irritação ocular e até coceira, deve ser avaliado clinicamente. José Augusto Alves Ottaiano explica que piscamos menos quando estamos em contato com a tela de computadores ou celulares, além de exercermos maior pressão para que a visão esteja focada. (O ESTADO DE S. PAULO, 2017)”

Além de falar sobre os malefícios que as telas *LEDs* podem causar a nossa visão, a equipe apresentou também algumas dicas pra evitar a fadiga visual, dentre elas destacam-se:

- Independente da mídia, evite usá-la em locais muito iluminados. Isso contrai as pupilas e diminui o contraste dos celulares.
- Mantenha o celular a distância mínima de 30 cm e o monitor a 60 cm.
- O celular deve ficar 45 cm abaixo do olho e o monitor entre 10 a 20 cm.
- Olhe para um ponto distante de 5 a 10 minutos a cada hora de navegação.
- Aumente o tamanho das letras, regule a tela com o máximo contraste e pouca luminosidade.
- Mantenha a tela do monitor ou celular sempre limpas.
- Evite o ofuscamento, não posicionando o monitor ou celular de frente para janelas.
- Lembre-se de piscar voluntariamente quando usar a internet.
- Quem passou dos 40 e tem presbiopia deve usar óculos apropriados para o computador. Muitos não utilizam.

Com a finalidade de conferir o que as pesquisas dizem sobre a emissão desproporcional da luz azul pelas telas *LED* e compará-la com a luz emitida pelo Sol, a equipe obteve os espectros dessas fontes (Figura 29). A partir das imagens dos espectros e da intensidade por comprimento de onda, foi possível verificar que a luz emitida pelas telas de *LED* destoa bastante da luz natural a qual nossos olhos já estão adaptados.

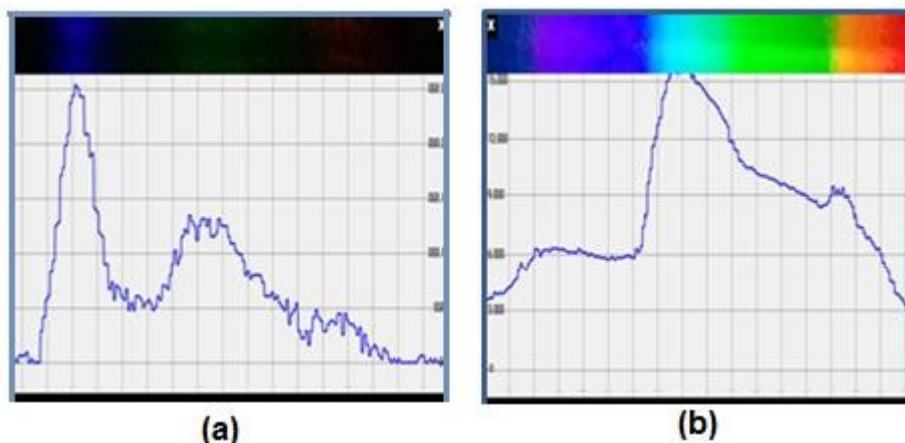


Figura 29: Espectros da luz emitida pela tela LED de um celular e pelo Sol (do violeta à esquerda ao vermelho à direita). Descrição: Espectros de emissão de radiação eletromagnética emitido (a) pela tela de um celular e (b) pelo Sol. As áreas marcadas em azul são proporcionais à intensidade da energia liberada por comprimento de onda pelas fontes luminosas. Fonte: Acervo do autor.

A partir do resultado apontado na Figura 29, a equipe finalizou com a seguinte frase:

“Comparando a duas imagens, pode-se perceber uma nítida diferença entre a composição da luz emitida pelo celular e pelo Sol que é uma luz mais natural aos nossos olhos. Por isso vale a pena ficar atento!” (Texto da Escola 2)

Este projeto gerou uma certa apreensão por parte do professor-orientador. A „galera do fundão“, campeã das ocorrências, estava toda nesta equipe. Mas como citado anteriormente, logo após a formação das equipes foram feitas algumas alterações. Nesta equipe foram trocados dois alunos por outros dois mais comprometidos e que tinham um bom relacionamento com os demais integrantes. As alterações foram exitosas.

Feito isso, a equipe trabalhou bem, tanto nas pesquisas quanto no dia da feira. Por serem mais despachados, o estande deles estava sempre cheio e a motivação ao transmitir o resultado de suas pesquisas prendia a atenção de todos que os visitavam.

A equipe iniciou a apresentação usando um prisma e uma lupa para mostrar a composição da luz branca e, em seguida, os integrantes falaram da luz emitida pelas telas LED, focando nos problemas que o olhar fixo para elas, por um longo período, pode causar aos nossos olhos.

Finalizaram as suas apresentações mostrando como obtiveram os espectros através do celular e de um espectroscópio portátil e também permitiram

que os ouvintes pudessem manusear o espectroscópio visualizando o espectro da luz solar.

Capítulo 4

O currículo, as aulas de Física e as contribuições dos projetos para o aprendizado de tópicos de Física Moderna

Neste Capítulo é apresentado o Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro trabalhado no terceiro e no quarto bimestre do terceiro ano do Ensino Médio Regular, alguns tópicos da BNCC referente à área Ciências da Natureza e suas tecnologias do Ensino Médio que estão relacionados com os projetos desenvolvidos, as adaptações que o professor pesquisador fez no currículo ao trabalhá-lo em sala de aula ao longo do segundo semestre, alguns dos recursos utilizados em sala de aula e os resultados obtidos.

4.1 A Física e o Currículo Básico do Estado do Rio de Janeiro

O Currículo do Estado do Rio de Janeiro que, embora chamado de mínimo, possui uma série de Habilidades e Competências que exigem do professor um complexo planejamento de ações para que o trabalho desenvolvido em sala de aula seja eficiente e principalmente faça sentido para o aluno.

Os livros didáticos disponíveis no mercado e as coleções que fazem parte do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) não são organizados de forma a atenderem integralmente as exigências do Currículo adotado nas escolas da Rede Pública Estadual de Ensino. Além do mais, boa parte dos conteúdos a serem trabalhados no terceiro ano do ensino médio estão espalhados nos volumes 2 e 3 das coleções, o que muitas vezes induz o professor a abandonar o livro didático e a criar seu próprio roteiro de estudos.

Nos quadros 5 e 6 estão discriminados o Campo e as Habilidades e Competências que devem ser trabalhados no terceiro e no quarto bimestre com os alunos do terceiro ano do Ensino Médio Regular.

3º Bimestre	
Campo	Olho humano – Espectro eletromagnético – Ondas mecânicas
Habilidades e competências	- Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos.
	- Reconhecer o olho humano como um receptor de ondas eletromagnéticas.
	- Compreender os fenômenos relacionados à luz como fenômenos ondulatórios.
	- Identificar a cor como uma característica das ondas luminosas.
	- Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Diferenciar a natureza das ondas presentes em nosso cotidiano.
	- Conhecer as características do espectro eletromagnético, reconhecendo as diferenças entre os tipos de ondas eletromagnéticas a partir de sua frequência.
	- Compreender as propriedades das ondas e como elas explicam fenômenos presentes em nosso cotidiano.
- Compreender a importância dos fenômenos ondulatórios na vida moderna sobre vários aspectos, entre eles sua importância para a exploração espacial e na comunicação.	

Quadro 5: Currículo do Estado do Rio de Janeiro para o terceiro bimestre do terceiro ano do Ensino Médio Regular. Fonte: SEEDUC

4º Bimestre	
Campo	Fenômenos ondulatórios - natureza da luz - efeito fotoelétrico
Habilidades e competências	- Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas.
	- Compreender as propriedades das ondas e como elas explicam fenômenos presentes em nosso cotidiano.
	- Compreender a importância dos fenômenos ondulatórios na vida moderna sobre vários aspectos, entre eles sua importância para a exploração espacial e na comunicação.
	- Relacionar benefícios alcançados nas comunicações e na saúde com o desenvolvimento científico e tecnológico alcançado pela Física Ondulatória.
	- Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos.
	- Discutir modelos para a explicação da natureza luz, vivenciando a ciência como algo dinâmico em sua construção.

Quadro 6: Currículo do Estado do Rio de Janeiro para o quarto bimestre do terceiro ano do Ensino Médio Regular. Fonte: SEEDUC

Na execução dos projetos, boa parte do currículo exposto acima, foi trabalhada através de pesquisas realizadas pelos alunos e também de orientações do professor pesquisador. Alguns conceitos como o de espectro visível, on-

das eletromagnéticas, fenômenos ondulatórios, fótons e processos de emissão foram essenciais para que os alunos compreendessem tanto os dados obtidos experimentalmente quanto o resultado das pesquisas feitas na internet.

4.2 Tópicos de ciências da natureza da Base Nacional Comum Curricular

Nesta seção serão apresentados alguns tópicos da BNCC que estão diretamente relacionadas com os projetos desenvolvidos com os alunos. A BNCC não se prende a conteúdos propriamente ditos, mas ao que se pode fazer com esses conteúdos, para o desenvolvimento de competências e habilidades.

Toda proposta do trabalho desta dissertação encontra-se mergulhada na BNCC, que incentiva a articulação entre as áreas do conhecimento e oferece várias possibilidades para que essa articulação aconteça. Dentre as possibilidades destacam-se:

- **Laboratórios:** supõem atividades que envolvam observação, experimentação e produção em uma área de estudo e/ou o desenvolvimento de práticas de um determinado campo (línguas, jornalismo, comunicação e mídia, humanidades, ciências da natureza, matemática etc.).
- **Oficinas:** espaços de construção coletiva de conhecimentos, técnicas e tecnologias, que possibilitam articulação entre teorias e práticas (produção de objetos/equipamentos, simulações de “tribunais”, quadrinhos, audiovisual, legendagem, fanzine, escrita criativa, *performance*, produção e tratamento estatístico etc.)
- **Núcleos de estudos:** desenvolvem estudos e pesquisas, promovem fóruns de debates sobre um determinado tema de interesse e disseminam conhecimentos por meio de eventos – seminários, palestras, encontros, colóquios –, publicações, campanhas etc. (juventudes, diversidades, sexualidade, mulher, juventude e trabalho etc.).

Para a BNCC, a área de Ciências da Natureza e suas tecnologias deve contribuir com a construção de uma base de conhecimentos contextualizada, que prepare os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas, bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias. E criar condições para que os estudantes possam explorar os diferentes modos de pensar e de falar da cultura científica, situando-a como

uma das formas de organização do conhecimento produzido em diferentes contextos históricos e sociais, possibilitando-lhes apropriar-se dessas linguagens específicas.(BRASIL, 2017)

Dentre as competências específicas de Ciências da Natureza e suas tecnologias para o Ensino Médio da BNCC, destaca-se a seguinte:

“Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)”

As habilidades discriminadas a seguir fazem parte da competência descrita acima e podem ser percebidas nos projetos desenvolvidos com os alunos.

- (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
- (EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.
- (EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
- (EM13CNT307) Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis.
- (EM13CNT308) Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos.

Como se pode perceber, a proposta dos projetos é atual, e pode contribuir no desenvolvimento das habilidades acima discriminadas da BNCC.

4.3 Adaptações no Currículo

Como já se sabe, o projeto desenvolvido com os alunos ocorreu ao longo do primeiro semestre, e a proposta desta seção é detalhar um pouco do que foi desenvolvido em sala de aula no segundo semestre uma vez que um dos objetivos dos trabalhos detalhados nesta dissertação foi avaliar como projetos que envolvem a análise espectroscópica da luz, a ABP e as Feiras de Ciências contribuem para a aprendizagem de tópicos de Física Moderna, e mais especificamente, subsidiar o processo de ensino aprendizagem de tópicos Física Moderna trabalhados no quarto bimestre com alunos do terceiro ano do Ensino Médio da rede estadual do Rio de Janeiro.

Algumas modificações foram feitas na execução do currículo, como a concentração de todo o conteúdo que envolve a ondulatória no terceiro bimestre ficando Ondas Eletromagnéticas e Física Moderna para o quarto bimestre.

No terceiro bimestre foi trabalhado o conceito de ondas, Natureza das ondas, classificação das ondas quanto à direção de vibração e propagação, características das ondas (amplitude, comprimento de onda, período, frequência e velocidade) e fenômenos ondulatórios. Buscou-se neste bimestre construir uma base consistente de ondulatória utilizando experimentos com cordas e molas, atividades com simuladores, atividades em grupo, lista de exercícios e avaliações diagnósticas.

No quarto bimestre foram estudados os tópicos – “Ondas eletromagnéticas”, “A natureza corpuscular das ondas eletromagnéticas”, “O efeito fotoelétrico”, “Descargas em tubos com gases rarefeitos e espectroscopia”, “Radiação térmica”, “O *quantum* de ação”, “O espectro do átomo de hidrogênio”, “O átomo de Bohr”, “Espectros de emissão e absorção”, “Incandescência”, “Lâmpadas Fluorescentes” e “Materiais Semicondutores”. Durante as aulas foram usados simuladores disponíveis em https://phet.colorado.edu/pt_BR/ e <https://www.vascak.cz> (Figuras 30, 31, 32, 33 e 34), aulas expositivas com o Power Point, atividades experimentais com o espectrômetro, atividades em grupo, listas de exercícios e avaliações diagnósticas.

A seguir as imagens de alguns simuladores utilizados nas aulas do quarto bimestre.

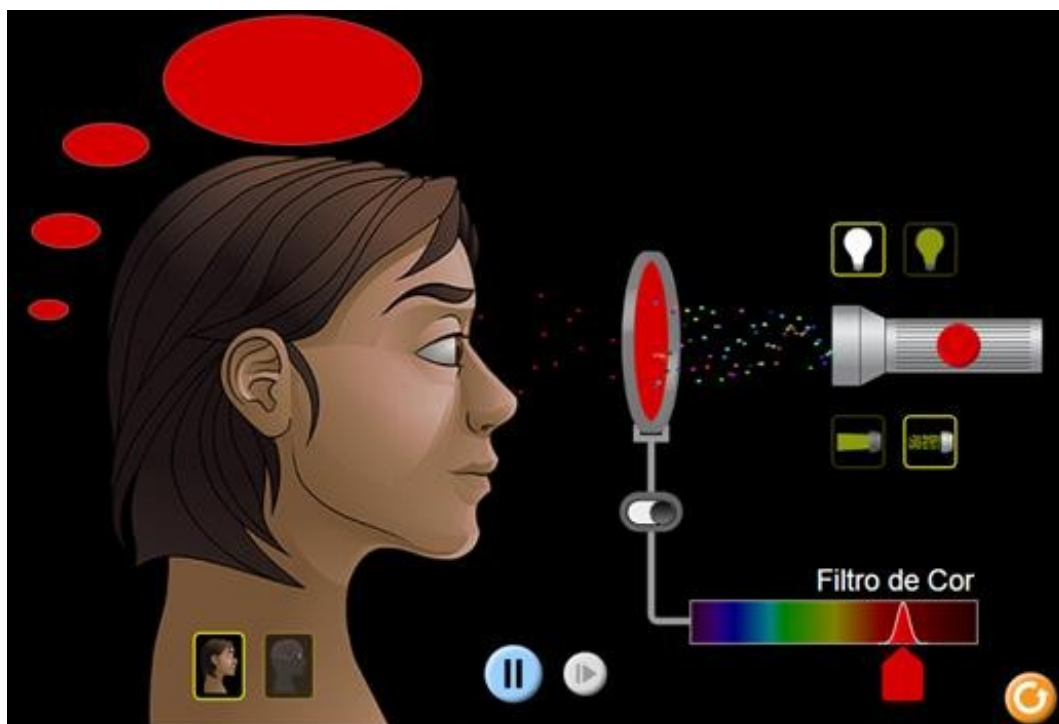


Figura 30: Visão das Cores. Descrição: Simulador que mostra a composição corpuscular da luz e o efeito de absorção por matérias transparentes coloridos. Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

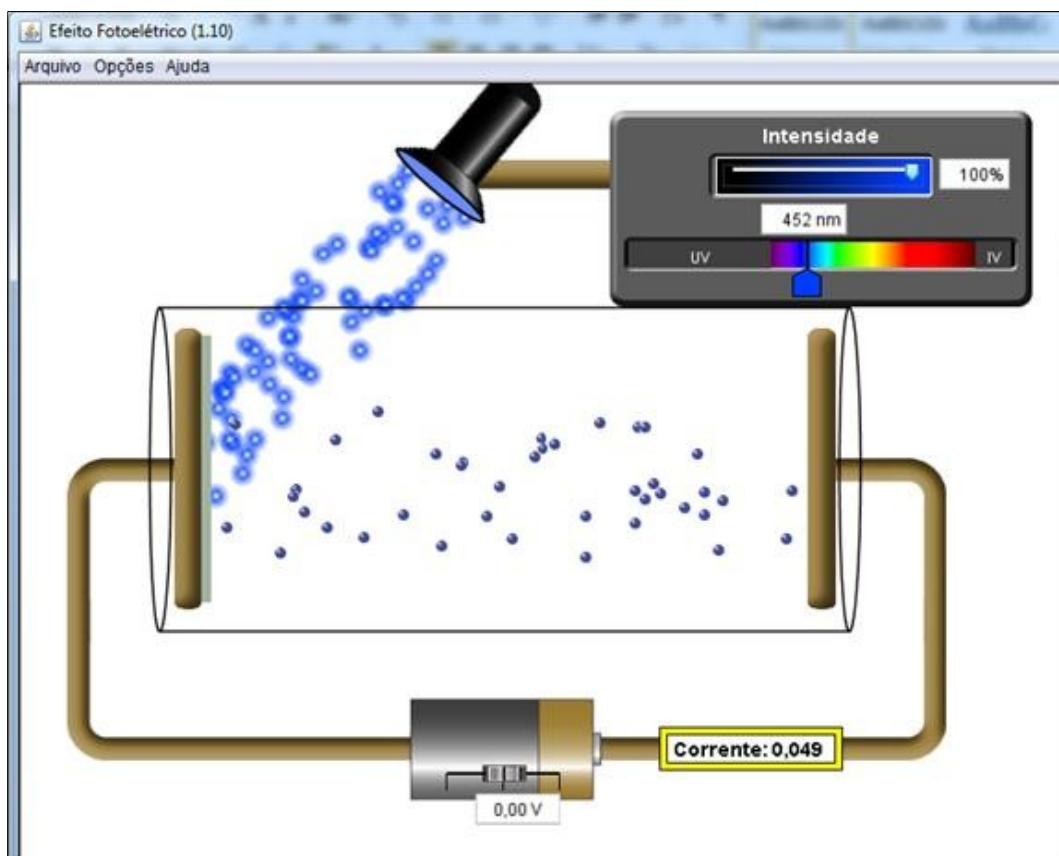


Figura 31: Efeito Fotoelétrico. Descrição: Simulador que ilustra o efeito fotoelétrico. Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

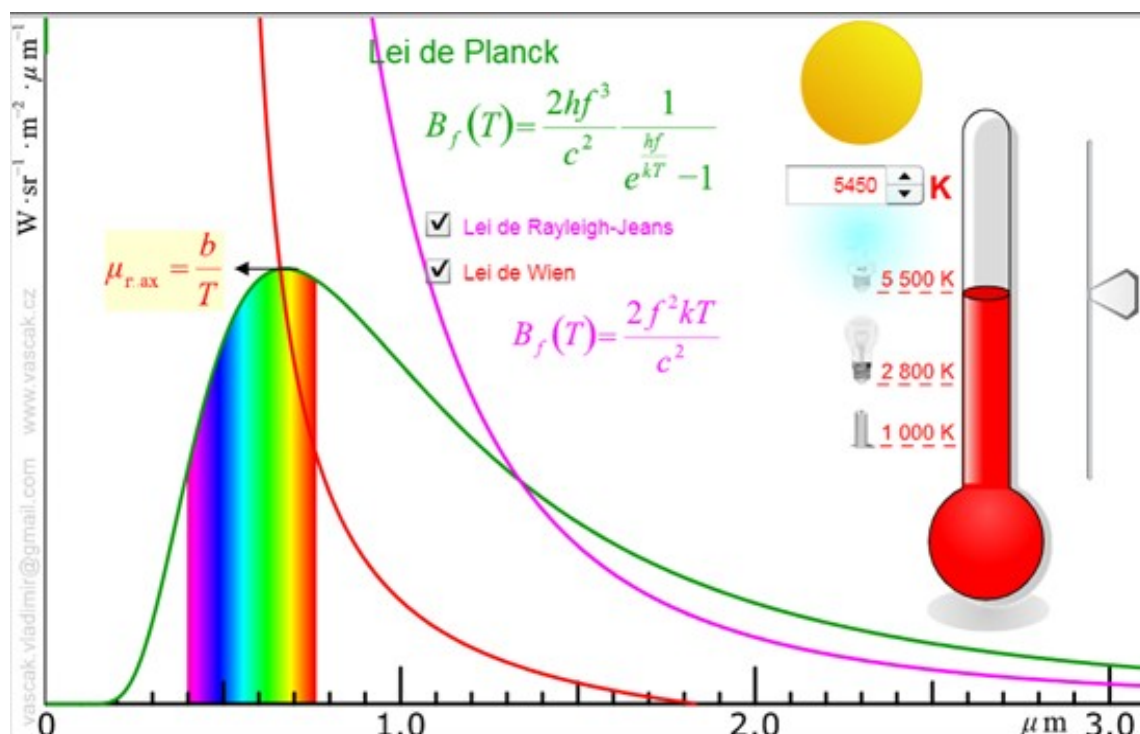


Figura 32: Radiação de corpo negro. Descrição: Simulador da Radiação de Corpo negro. Fonte: <https://www.vascak.cz>

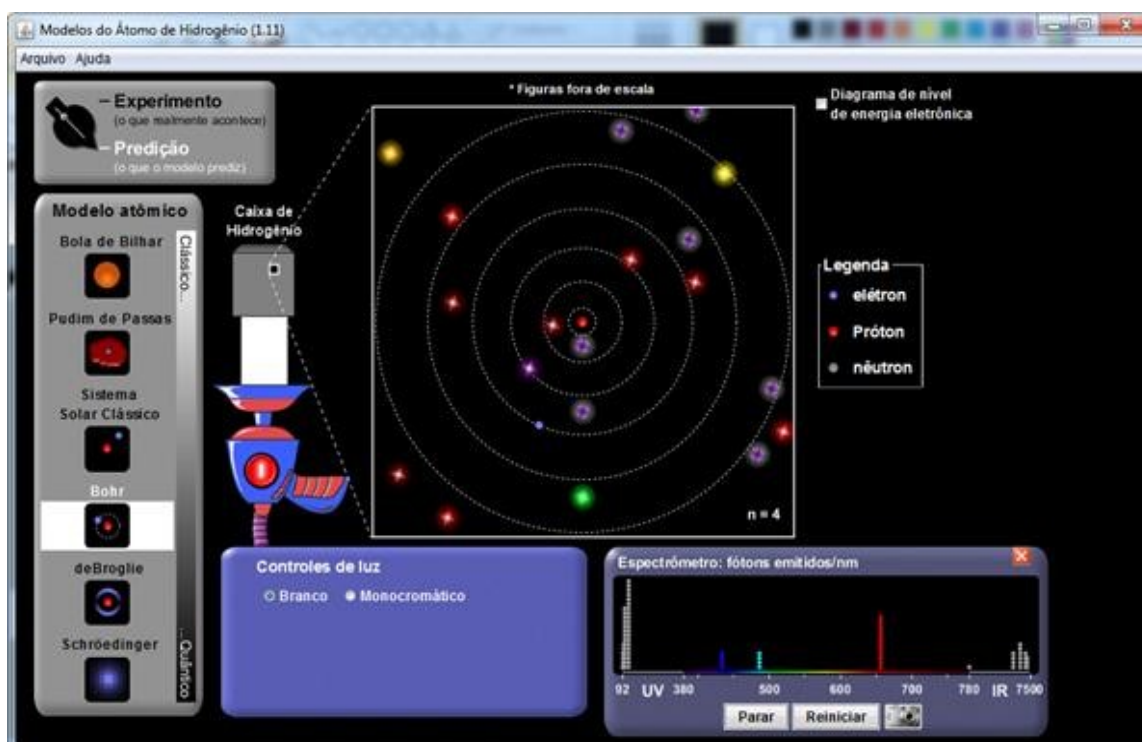


Figura 33: Modelo atômico de Bohr. Descrição: Simulador que mostra o modelo atômico de Bohr para o átomo de Hidrogênio e como ocorre o processo de absorção e emissão de fótons segundo esse modelo, e também a formação do espectro do átomo de hidrogênio. Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/

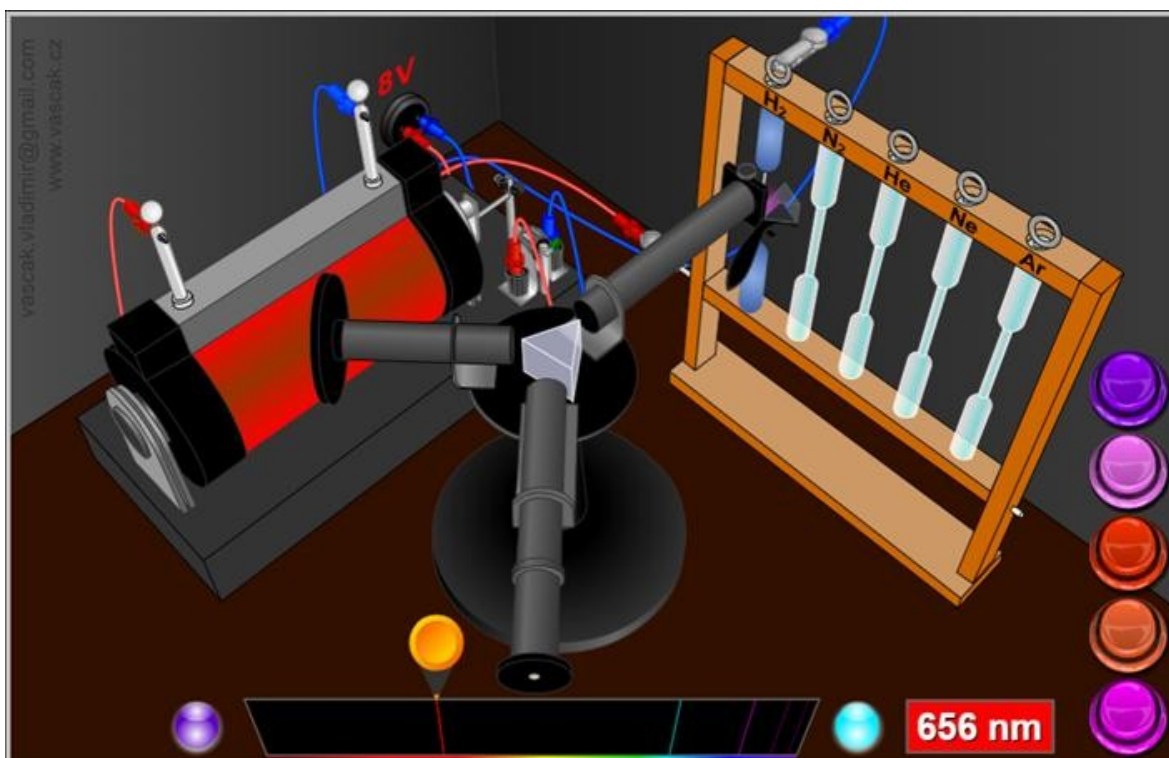


Figura 34: Espectroscópio. Descrição: Simulador que mostra as raias espectrais emitidas por gás excitado através de um espectroscópio. Fonte: <https://www.vascak.cz>

4.4 Resultados

Não é o nosso objetivo detalhar a sequência didática trabalhada ao longo do segundo semestre e sim mostrar um pouco do que foi feito em sala de aula. É interessante relatar que em diversos momentos, no decorrer das aulas, alguma coisa dos projetos era mencionada, tanto pelo professor quanto pelos alunos, seja para exemplificar o que estava sendo estudado, ou simplesmente para relacionar o conteúdo com as descobertas que os alunos haviam feito com a intenção de complementar e dar continuidade ao processo de construção do conhecimento. Segue alguns exemplos:

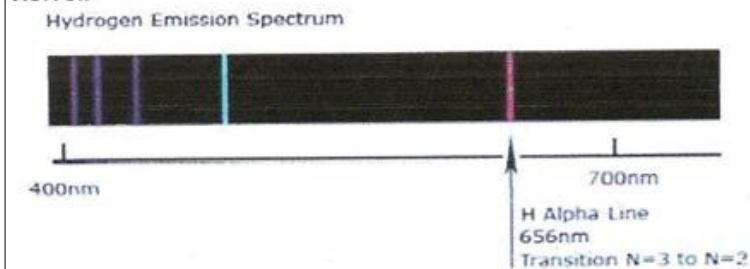
- Durante a execução do projeto, o espectro das lâmpadas era analisado observando-se a intensidade por cor. Durante as aulas, a partir de novos conhecimentos, essa análise passou a ser feita substituindo a cor por frequência ou comprimento de onda;

- As diferenças nos espectros emitidos pelas lâmpadas foram relacionadas pelos alunos, aos diferentes processos de emissão de luz;
- As linhas espectrais no espectro da lâmpada fluorescente ajudaram os alunos a entenderem que cada elemento químico, como o mercúrio presente na lâmpada fluorescente, tem seu próprio padrão característico de níveis de energia e, portanto, emite luz de acordo com seu padrão de frequências, ou espectro de emissão, quando excitado;
- O item anterior favoreceu, também, para que os alunos entendessem como se dá o processo de identificação de elementos químicos presente numa substância através da espectroscopia e sua aplicação na astronomia;
- No estudo da radiação térmica, os espectros das lâmpadas incandescentes e halógenas e também do Sol possibilitaram aos alunos verificarem que a frequência de pico varia conforme a temperatura da fonte emissora;
- O item anterior favoreceu, também, o entendimento da quantização da energia e a criação da teoria do fóton, ao passo que um exemplo prático aproxima o aluno do contexto da época em que essas teorias foram concebidas;
- A baixa eficiência das lâmpadas incandescentes em comparação às outras lâmpadas foi facilmente percebida pelos alunos, observando-se que apenas uma parte da energia emitida por elas pertence ao espectro visível;

Os exemplos destacados demonstram que a execução dos projetos colaborou para o desenvolvimento de habilidades, ao passo que favoreceu a aprendizagem de conteúdos de Física Moderna. É importante ressaltar que o trabalho feito em sala de aula ao longo do segundo semestre foi essencial na construção do conhecimento, pois os projetos não foram planejados com o objetivo de substituir as aulas, e sim facilitar o processo ensino aprendizagem.

A seguir serão apresentadas algumas questões respondidas pelos alunos das turmas participantes da aplicação dos projetos em testes e avaliações.

1. A figura a seguir mostra o espectro de emissão do átomo de hidrogênio na região do espectro visível.



Responda ao que se pede:

a) Indique quantas raias há na figura e a que grandeza física estão relacionadas.

5 raias, frequência e comprimento de onda.

b) Calcule a energia dos fótons de cor vermelha, em eV. Use $h = 4,1 \cdot 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$.

$$E = hc \cdot \lambda = \frac{4,1 \times 10^{-15} \cdot 3 \times 10^8}{6,56 \times 10^{-7}} = E = \frac{12,3 \times 10^{-7}}{6,56 \times 10^{-7}} = 1,87 \text{ eV}$$

Figura 35: Questão sobre espectro de emissão Fonte: Acervo do autor.

3. Observe as figuras apresentadas a seguir.



a) Classifique cada figura como representando uma situação de emissão ou de absorção de fótons de energia.

Figura 1 → absorção / Figura 2 → emissão

b) Indique em qual figura o elétron está perdendo energia e em qual está ganhando.

Figura 1 → ganhando / Figura 2 → perdendo

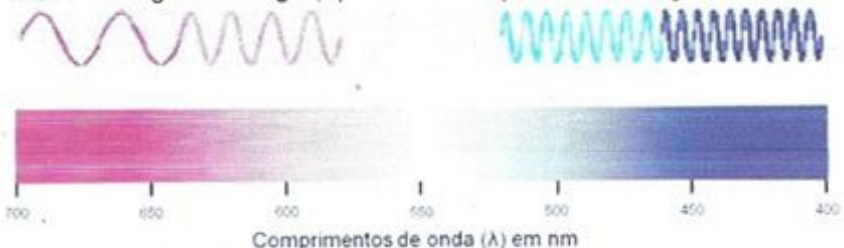
c) Na figura 1, o elétron poderia emitir um fóton?

Justifique sua resposta.

Sim, ele pode retornar para o nível de menor energia.

Figura 36: Questão sobre modelo atômico de Bohr, absorção e emissão de luz. Fonte: Acervo do autor.

3. Observe o gráfico a seguir, que mostra o espectro eletromagnético visível.



Comprimentos de onda (λ) em nm

a) Escreva a equação de energia dos fótons, identificando cada uma das variáveis.

$E_{\text{fóton}} = h \cdot f$ $h = \text{constante Planck}$ $E = \text{energia}$
 $f = \text{frequência}$

b) Com base na equação, identifique os tipos de fótons do espectro visível com maior e menor energia. Justifique sua resposta.

Maior energia é os violeta e menor energia é os vermelhos.

c) A constante de Planck é igual a $4,1 \cdot 10^{-15}$ eV.s. Calcule a energia do fóton correspondente a um comprimento de onda de 700 nm e a energia do fóton de comprimento de onda 400 nm.

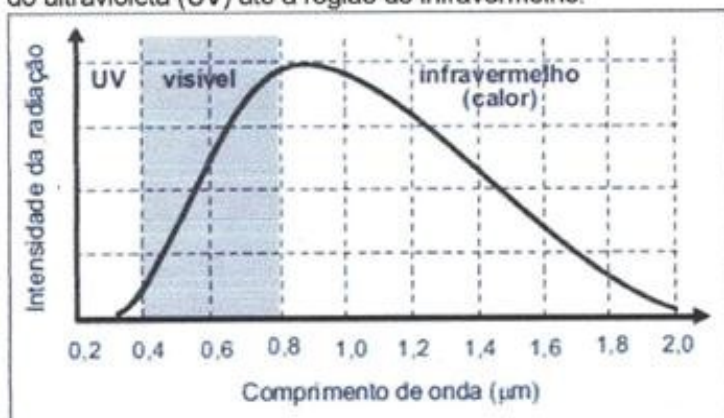
$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ $E = \frac{4,1 \times 10^{-15} \cdot 3 \times 10^8}{7 \times 10^{-7}} = 1,7 \text{ eV}$ $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ $E = \frac{4,1 \times 10^{-15} \cdot 3 \times 10^8}{4 \times 10^{-7}} = 3,1 \text{ eV}$

d) Julgue se os outros componentes do espectro eletromagnético, como os raios X, as ondas de rádio, as micro-ondas, etc., podem ser descritas como fótons. Justifique sua resposta.

Qualquer onda eletromagnética pode ser vista como fótons.

Figura 37: Questão sobre espectro eletromagnético e energia dos fótons. Fonte: Acervo do autor.

8. A passagem de uma quantidade adequada de corrente elétrica pelo filamento de uma lâmpada deixa-o incandescente, produzindo luz. O gráfico a seguir mostra como a intensidade da luz emitida pela lâmpada está distribuída no espectro eletromagnético, estendendo-se desde a região do ultravioleta (UV) até a região do infravermelho.



A eficiência luminosa de uma lâmpada pode ser definida como a razão entre a quantidade de energia emitida na forma de luz visível e a quantidade total de energia gasta para o seu funcionamento. Admitindo-se que essas duas quantidades possam ser estimadas, respectivamente, pela área abaixo da parte da curva correspondente à faixa de luz visível e pela área abaixo de toda a curva, calcule a eficiência luminosa dessa lâmpada.

$$18 \sum_{x=1}^{100} x$$

$$18x = 500$$

$$x = \frac{500}{18} = 28\%$$

Essa lâmpada não é eficiente

Calor = 72 %

Figura 38: Questão sobre radiação de corpo negro e eficiência luminosa. Fonte: Acervo do autor.

9. Como a luz que os astrônomos captam de estrelas e galáxias distantes lhe garante que através do universo existem os mesmos átomos que na Terra, com as mesmas propriedades? Por que as linhas espectrais são frequentemente mencionadas como sendo "impressões digitais atômicas"?

Através do espectro da luz emitida pela estrela pode-se identificar os elementos que a constituem, porque cada átomo emite seu próprio espectro como uma impressão digital.

Figura 40: Questão sobre espectroscopia aplicada à astronomia. Fonte: Acervo do autor.

4. Descreva do que depende a intensidade de um feixe de luz, segundo o modelo de fótons.

Depende da quantidade de fótons

5. Diferencie a radiação eletromagnética segundo a teoria clássica e segundo a teoria quântica.

Teoria clássica a luz é vista como ondas e na teoria quântica é vista como fóton

Figura 41: Questões sobre fótons e espectros de absorção e emissão. Fonte: Acervo do autor.

7. (OBA- Adaptada) Muitas outras características das estrelas podem ser obtidas através da análise da luz proveniente delas. [...]

Na figura seguinte apresentamos o espectro simplificado de uma estrela fictícia. Identifique os elementos presentes nela, comparando os espectros.

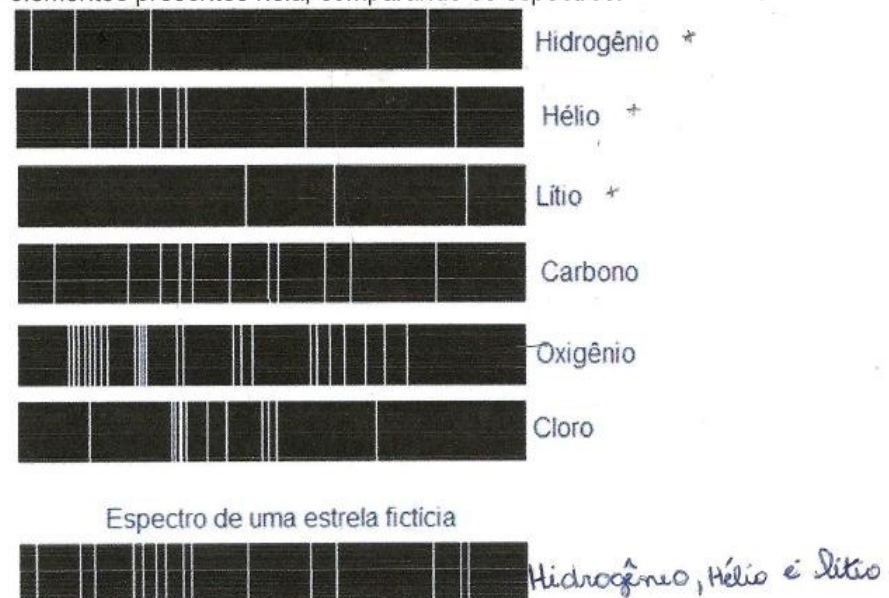


Figura 42: Questão espectros de emissão aplicado à astronomia Fonte: Acervo do autor.

9. Como a luz que os astrônomos captam de estrelas e galáxias distantes lhe garante que através do universo existem os mesmos átomos que na Terra, com as mesmas propriedades? Por que as linhas espectrais são frequentemente mencionadas como sendo "impressões digitais atômicas"?

Atenas, do espectro da luz emitida pela estrela pode-se identificar os elementos que a constituem, porque cada átomo emite seu próprio espectro como uma impressão digital.

10. A parte (a) do desenho abaixo mostra a curva de radiação de um sólido incandescente e seu padrão espectral, produzido por um espectroscópio. A parte (b) mostra a "curva de radiação" de um gás excitado e seu padrão espectral de emissão. A parte (c) mostra a curva produzida quando um gás frio se encontra entre uma fonte incandescente e o observador; o correspondente padrão espectral é para você obter como exercício. A parte (d) mostra o padrão espectral de uma fonte incandescente como visto através de um vidro verde; você deve esboçar a correspondente curva de radiação.

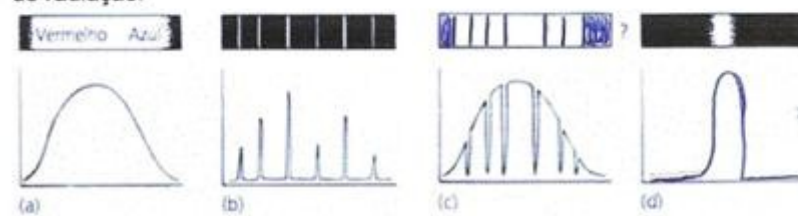


Figura 43: Questão sobre espectroscopia. Fonte: Acervo do autor.

Considerações finais sobre o trabalho desenvolvido

Os projetos com o tema Fontes de luz natural e artificial e sua relação com a vida humana possibilitaram uma análise de como trabalhos de Física, desenvolvidos no contexto da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) para Feiras de Ciências, geram melhorias no estudo de tópicos de Física Moderna por alunos do 3º ano do Ensino Médio.

A Feira de Ciência foi usada como uma estratégia pelo professor pesquisador tanto para motivar os alunos a trabalhar nos projetos, incentivando-os a produzir artefatos de qualidade, como para explorar conteúdos de Física ainda não estudados em sala de aula, como Ondas Eletromagnéticas e Física Moderna, mas que seriam trabalhados nas aulas do segundo semestre. Contudo, o processo de ensino-aprendizagem foi exitoso ao se dar continuidade da discussão dos conteúdos em sala de aula após o evento e nas formas de avaliação.

É importante ressaltar que, além de motivar e incentivar os alunos a buscarem novos conhecimentos, a Feira de Ciências é uma ferramenta pedagógica que se alia à metodologia ativa APB, na qual o aluno deixa de ocupar uma posição de receptor de conteúdos expostos pelos professores e passa a ser sujeito do seu desenvolvimento, construindo artefatos e apresentando-os oralmente com a sistematização dos resultados das investigações científicas desenvolvidas por eles.

No decorrer do trabalho foi observado que os alunos, em sua grande maioria, apresentaram um pouco de dificuldade na interpretação dos dados obtidos experimentalmente e a sua relação com as pesquisas feitas na internet. Mas no decorrer do trabalho essas dificuldades foram sanadas por meio da orientação e os alunos conseguiram tirar conclusões satisfatórias para a confecção dos panfletos. O que permitiu alcançar os objetivos propostos.

Os grupos no *whatsapp* possibilitaram uma maior participação de todos os integrantes das equipes, pois nesse ambiente os alunos puderam argumentar e, através da troca de ideias coletivas, tirarem suas dúvidas e curiosidades sobre o tema. Parte das orientações também foi feita por meio desses grupos que contribuíram para a agilidade e concretização dos projetos.

Os dados obtidos com os espectroscópios e os aplicativos luxímetro e *spectral UPB*, juntamente com a página <https://spectralworkbench.org> foram essenciais para o projeto, pois motivaram a pesquisa e ajudaram a tornar compreensíveis os conceitos abordados. Sendo assim, possibilitaram entender como se dá a estruturação do conceito, agindo como uma ponte entre a teoria e a experimentação.

A montagem dos panfletos induziu os alunos a organizar os dados e a estruturar o trabalho por meio de uma sequência lógica e didática que os permitiu entender e memorizar melhor os conteúdos abordados. A linguagem utilizada pela maioria foi de fácil compreensão, um reflexo da aproximação dos conteúdos ao cotidiano dos alunos.

A aplicação do presente trabalho foi apresentada no Prêmio Shell de Educação Científica 2018 e obteve o primeiro lugar dentre projetos inscritos. O Prêmio Shell de Educação Científica busca incentivar e valorizar professores das áreas de ciências e matemática, premiando Experiências Educativas diferenciadas e inovadoras que, por meio de metodologias criativas, imprimam novas formas de ensinar e de aprender.

Nesse sentido, a implementação de projetos com o tema Fontes de luz permite aos alunos desenvolverem habilidades e competências relacionadas a conteúdos de Física Moderna. Além disso, torna o estudo mais atraente o que facilita o processo de ensino aprendizagem, motivando a participação de todos os alunos.

Referências Bibliográficas

- [BAKER , 2015]. BAKER, Joanne. 50 ideias de física quântica que você precisa conhecer. Trad. Rafael Garcia. 1ª ed. São Paulo: Planeta, 2015.
- [BARCELOS, JACOBUCCI e JACOBUCCI, 2010]. BARCELOS, Nora Ney Santos; JACOBUCCI, Giuliano Buzá; JACOBUCCI, Daniela Franco Carvalho. Quando o cotidiano pede espaço na escola, o projeto da feira de ciências "Vida em Sociedade" se concretiza. Ciênc. educ. (Bauru), Bauru, v. 16, n. 1, p. 215-233, 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132010000100013&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 01 fev. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132010000100013>.
- [BARROSO, RUBINI e SILVA, 2018]. BARROSO, Marta F.; RUBINI, Gustavo; SILVA, Tatiana da. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 40, n. 4, e4402, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000400502&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 29 jan. 2019. Epub 18-Jun-2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0059>.
- [BENDER, 2014]. BENDER, William N. Aprendizagem Baseada em Projetos: Educação Diferenciada para o século XXI. Trad. Fernando Siqueira Rodrigues. Porto Alegre: Penso, 2014.
- [BOFF, 2015]. BOFF, Daniela. Aprendizagem Baseada em Projetos para promover a interdisciplinaridade no Ensino Médio. Scientia Cum Industria, v.3, n.3, 148-151, 2015. <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v3iss3p148>
- [BONADIMAN e NONENMACHER, 2007]. BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra E. B.. O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 24, n. 2, p. 194-223, maio 2007. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/1087>>. Acesso em: 29 jan. 2019. doi:<https://doi.org/10.5007/%x>.
- [BORGES e ALBINO JÚNIOR, 2007]. BORGES, Jacques; ALBINO JÚNIOR, Amadeu. Mostra anual de Física do RN: Ciência acessível a todos. HOLOS, 2007. 3. 16. 10.15628/holos.2007.125.
- [BRASIL, 2017]. BRASIL. Base Nacional Comum Curricular. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp-content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf. Acesso em: 10 maio 2018.
- [CARVALHO et al., 2014]. CARVALHO, Michele Soares; JOHAN, Chantele Santos; PAIM, Adriane Gutler; GARLET, Tânea Maria Bisognin. Feira de ciências: reflexões de uma experiência do PIBID Ciências Biológicas da UFSM. Ciência e Natura [on line] 2014, 36 ser-dez. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=467546174006>>. Acesso em: 3 fev. 2019. ISSN 0100-8307

- [CASSINELLO e GÓMEZ, 2017]. CASSINELLO, Andrés & GÓMEZ, José Luis Sánchez. O Mistério Quântico: Uma expedição às fronteiras da física. Trad. Sandra Martha Dolinsky. São Paulo: Planeta do Brasil, 2017. 280p.
- [CAVALCANTE et al, 2005].CAVALCANTE, Marisa Almeida et al.Experiências em Física Moderna. Física na Escola, São Paulo, n. 1, vol. 6, p. 2005.
- [DEWEY, 1979]. DEWEY, John. Experiência e educação. 3 Ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1979
- [DOMINGUINI, 2012]. DOMINGUINI, Lucas. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo , v. 34, n. 2, p. 1-7, June 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172012000200013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 Jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172012000200013>.
- [DOMINGUINI, MAXIMIANO e CARDOSO, 2012]. DOMINGUINI, Lucas; MAXIMIANO, Joelma Rzatki; CARDOSO, Leonel. Novas abordagens do conteúdo Física Moderna no Ensino Médio público do Brasil. Anais do IX Seminário AnpedSul, 2012. Disponível em: <<http://www.ucs.br/etc/conferencias/index.php/anpedsul/9anpedsul/paper/viewFile/653/534>>
- [ESPÍNDOLA, 2005]. ESPÍNDOLA, Karen. A Pedagogia de Projetos como Estratégia de Ensino para Alunos da Educação de Jovens e Adultos: em Busca de uma Aprendizagem Significativa em Física. 2005. 207 f. Dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física: Programa de Pós Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, UFRGS. Porto Alegre, RS
- [GARDNER, 1994]. GARDNER, Howard. Estruturas da mente: a Teoria das Múltiplas Inteligências. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.
- [GONÇALVES, 2008]. GONÇALVES, T. V. O. Feiras de ciências e formação de professores. In: PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. Quanta ciência há no ensino de Ciências. São Carlos: EduFSCar, 2008.
- [GUIMARÃES e SENA 2010]. GUIMARÃES, T. M.; SENA, R. M. Práticas pedagógicas desenvolvidas nos laboratórios de informática das escolas públicas de Cáceres e região. 2010. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/viewFile/2033/1795>. Acesso em: 16 maio de 2018.
- [HARTMANN e ZIMMERMANN, 2009]. HARTMANN, A.M.; ZIMMERMANN, E. Feira de Ciências: a interdisciplinaridade e a contextualização em produções de estudantes de ensino médio. Anais do Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, Florianópolis, 2009.
- [HEWITT, 2002]. HEWITT, Paul G.. Física conceitual. Trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- [JENSEN, 2004]. JENSEN, Eric. Cerebro y aprendizaje. Competencias e implicaciones educativas. Madrid: Narcea S.A. Ediciones, 2004.
- [JEWETT JR e SERWAY, 2012]. JEWETT, JR, John W. & SERWAY, Raymond A.. Física para cientistas e engenheiros: Luz, Óptica e Física Moderna. Trad. All Tasks. 8ª ed. vol. IV. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

- [JUNGLES, 2011] JUNGLES, Daniela Elaine. Pedagogia Diferenciada. A Página da Educação, n. 193, série II, 2011. Disponível em: <https://www.apagina.pt/?aba=7&cat=542&doc=14893&mid=2>.
- [KIELT, SILVA e MIQUELIN, 2017]. KIELT, Everton Donizetti; SILVA, Sani de Carvalho Rutz da; MIQUELIN, Awdry Feisser. Implementação de um aplicativo para smartphones como sistema de votação em aulas de Física com Peer Instruction. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 39, n. 4, e4405, 2017. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000400506&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 29 jan. 2019. Epub 12-Jun-2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0091>.
- [LIESCH e GURSKI, 2014]. LIESCH, Judith Simas Canellas Carlos Alberto; GURSKI, Clovis Roberto. Resgate da Feira de Ciências na Escola no 8ª ano do Colégio Estadual. In: Os desafios da escola pública Paranaense na perspectiva do professor PDE. Cadernos PDE, vol. 1, 2014. ISBN 978-85-8015-080-3.
- [LUCCI, 2006]. LUCCI, Marcos Antonio. A proposta de Vygotsky: a psicologia sóciohistórica. Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado, 10, 2, dez 2006.
- [MACHADO, 2011]. MACHADO, Vera de Mattos. Prática de estudo de Ciências: formação inicial docente na Unidade Pedagógica sobre a digestão humana. Tese de Doutorado em Educação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul/PPGEdu. Campo Grande, MS, 2011. 267f.
- [MANCUSO, 1993]. MANCUSO, R. A Evolução do Programa de Feiras de Ciências do Rio Grande do Sul: Avaliação Tradicional x Avaliação Participativa. 1993. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.
- [MANCUSO, 2000]. MANCUSO, R. Feira de Ciências: produção estudantil, avaliação, conseqüências. Contexto Educativo Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías, Buenos Aires, v. 6, n. 1, p. 1-5, 2000.
- [MELHORATO e NICOLI, 2012]. MELHORATO, Rodrigo Lima; NICOLI, Gustavo Tosta. Da física clássica à moderna: o simples toque de uma sirene. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 34, n. 3, p. 1-4, Sept. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180611172012000300011&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 29 Jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172012000300011>.
- [MENEZES et al, 2013]. MENEZES, Luis Carlos de et al. Quanta física. 2ª ed. vol. III. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.
- [MEZZARI, FROTA e MARTINS, 2011]. MEZZARI, Susana; FROTA, Paulo Rômulo de Oliveira; MARTINS, Miriam da Conceição. Feiras Multidisciplinares e o Ensino de Ciências. REID. Revista Electrónica de Investigación y Docencia, Número Monográfico, Octubre, 2011, 107-119. ISSN: 1989-2446. Disponível em: <http://www.ujaen.es/revista/reid/monografico/n1/REIDM1art7.pdf>. Acesso em 3 fev. 2019.
- [MORAES, 1986]. MORAES, Roque. Debatendo o ensino de ciências e as feiras de ciências. Boletim Técnico do Procirs. Porto Alegre, v. 2, n. 5, p. 18-20, 1986.

- [MORAIS e GUERRA, 2013]. MORAIS, Angelita; GUERRA, Andreia. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas de Física Moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 1, 1502 (2013). <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/351502.pdf>
- [MOTA e MARTINS]. MOTA, Silvana Aparecida Gonçalves da Mota; MARTINS, Sílvia. A Feira Ciência Viva: desafios e motivações dos professores da educação básica. *Anais do XVIII ENDIPE Didática e Prática de Ensino no contexto político contemporâneo: cenas da Educação Brasileira*, 2016.
- [OLIVEIRA e MATTAR, 2018]. OLIVEIRA, Neide Aparecida Arruda de; MATTAR, João. Folhetim Lorenianas: aprendizagem baseada em projetos, pesquisa e inovação responsáveis na educação. *Revista e-Curriculum*, São Paulo, v.16, n.2, p. 341 – 363 abr./jun.2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.23925/1809-3876.2018v16i2p341-363>.
- [OLIVEIRA, 2011]. OLIVEIRA, Luiz Kildery de Melo. O Ensino de Física numa perspectiva de inovação pedagógica. Programa Especial de Formação Pedagógica de Docentes em Física da Faculdade Integrada da Grande Fortaleza. FGF: Fortaleza, 2011.
- [OLIVEIRA, ARAUJO, VEIT, 2016]. OLIVEIRA, Tobias Espinosa de; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Sala de aula invertida: inovando as aulas de física. *Física na Escola*, v. 14, n. 2, 2016
- [OLIVEIRA, VIANNA e GERBASSI, 2007]. OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180611172007000300016&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 27 Jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172007000300016>.
- [OSTERMANN e MOREIRA]. OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. Investigações em Ensino de Ciências. V 5(1), pp. 23 -48, 2000. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390>. Acesso em: 03 maio 2018.
- [PAIVA, 2018]. PAIVA, Fernando Fernandes et al . Orientações motivacionais de alunos do ensino médio para física: considerações psicométricas. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo , v. 40, n. 3, e3404, 2018. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S180611172018000300055&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 29 jan. 2019. Epub 26-Mar-2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0343>.
- [PAULA et al, 2011]. PAULA, Helder F. et al. *Quântica para iniciantes: investigações e projetos*. Belo Horizonte: UFMG, 2011.
- [PEREIRA et al., 2009]. PEREIRA, E. A; MARTINS, J. R.; ALVES, V. dos S. e DELGADO, E. I. – A contribuição de John Dewey para a Educação. *Revista Eletrônica de Educação*. São Carlos, SP: UFSCar, v.3, n. 1, p. 154-161, mai. 2009. Disponível em <http://www.reveduc.ufscar.br>.

- [RODRIGUES DE MELLO, 2018]. RODRIGUES DE MELLO, Luiz Arthur. Proposta de Atividades de Ensino por investigação em laboratório de indução eletromagnética. (Dissertação) Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física. UFJF, 2018.
- [ROSA e ROSA, 2005]. ROSA, Cleci Werner da; ROSA, Álvaro Becker da. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 4 N° 1 (2005). http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf
- [SALEM, 2012]. SALEM, Sônia. Perfil, evolução e perspectivas da pesquisa em ensino de Física no Brasil. 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Doi:10.11606/T.81.2012.tde-13082012-110821. Acesso em: 2019-02-01.
- [SALVADOR et al., 2014]. SALVADOR, Daniel Fábio; ROLANDO, Luiz Gustavo Ribeiro; OLIVEIRA, Débora Batista de; VASCONCELLOS, Roberta Flávia Ribeiro Rolando. Aplicando os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas como modelo instrucional no contexto de uma feira de ciências. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 13, n. 3, 2014, 292-317.
- [SANTOS, 2017]. SANTOS, Elton Araujo dos. Uma proposta de aula de óptica para o ensino médio baseada em metodologias de ensino ativas. Ilhéus: UESC, 2017. 74f. : il. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.
- [SANTOS e DICKMAN, 2019]. SANTOS, José Carlos dos; DICKMAN, Adriana Gomes. Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo , v. 41, n. 1, e20180161, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172019000100602&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 29 jan. 2019. Epub 02-Ago-2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2018-0161>.
- [SEEDUC, 2012]. SEEDUC. Currículo Básico do Estado do Rio de Janeiro. Física. Disponível em: http://www.rj.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=d34c3917-7d42-48be-a678-e6721ecdcca0&groupId=91317. Acesso em: 12 maio 2018.
- [SILVEIRA e GIRARDI, 2017]. SILVEIRA, Sérgio; GIRARDI, Mauricio. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 39, n. 4, e4502, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000400603&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 Jan. 2019. Epub May 22, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>.
- [SOUZA, 2016]. SOUZA, Samir Cristino de. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): um método transdisciplinar de aprendizagem para o ensino educativo. Anais da Conferência Internacional Saberes para uma Cidadania Planetária. Construção de saberes e práticas a partir de metodologias transdisciplinares. Fortaleza/Ceará/Brasil - 24 a 27 de maio de 2016. http://uece.br/eventos/spcp/anais/trabalhos_completos/247-320-01042016-143203.pdf
- [TOGNI, 2013]. TOGNI, Ana Cecília. Feiras de Ciências no Rio Grande do Sul: um resgate histórico. Revista Destaques Acadêmicos, Edição Especial, 2013. Disponível em:

<<http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/viewFile/364/358>>. Acesso em: 3 fev. 2019.

[TOMLINSON, 2004]. TOMLINSON, C. A. La classe différenciée. Montréal : Chenelière, 2004.

[VALADARES e MOREIRA]. VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

[VYGOTSKY, 1984]. VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

[VYGOTSKY, 1998]. VYGOTSKY, L. S. Pensamento e Linguagem. Rio de Janeiro: Martins Fontes, 1998.

Apêndice A - Espectrômetros de baixo custo e projetos para o ensino dos tópicos de Física Moderna no Ensino Médio

Ao Professor(a)

Caríssimo(a) professor(a)

Apresentamos inicialmente aqui dois modelos de espectrômetros de baixo custo juntamente com seus respectivos manuais de montagem e uso e quatro exemplos de projetos onde esses instrumentos podem ser utilizados. Os projetos, que foram elaborados nos moldes da metodologia ativa, Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), abordam a análise espectroscópica da luz emitida por diferentes modelos de lâmpadas e telas *LED* e avaliam a influência dos vidros e películas na iluminação natural. E para finalizar, apresentamos também algumas sugestões de como organizar uma Feira de Ciências associando-a a trabalhos elaborados nos moldes da ABP.

Os espectrômetros podem ser utilizados, também, em outras atividades ou contextos conforme a necessidade e a criatividade de cada professor(a). Essas atividades podem abranger, por exemplo, o estudo das ondas eletromagnéticas através do espectro eletromagnético, a dispersão da luz branca, conceitos de Física Moderna por meio de raios espectrais emitidas, por exemplo, por uma lâmpada de mercúrio, e a constituição de corpos celestes luminosos através da caracterização de substâncias quando sujeitas a altas temperaturas, por meio do seu espectro de emissão.

Acreditamos que o uso de espectrômetros de baixo custo em projetos com questões do dia a dia dos alunos pode contribuir para o processo ensino-aprendizagem, estimulando professores e alunos a estabelecerem uma relação mais estreita com conteúdos de Física Moderna pouco explorados em sala de aula, mas de imprescindível importância na formação de nossos discentes, e a despertar o engajamento na atividade de construção do conhecimento.

Na seção 1, apresentamos dois modelos de espectrômetros de baixo custo, os materiais necessários para a sua montagem, os procedimentos de montagem e uma breve instrução de como os espectrômetros funcionam.

Na seção 2 apresentamos quatro projetos que abordam a análise espectroscópica da luz, com o tema Fontes de luz natural e artificial e sua relação

com a vida humana, cujos títulos são: „O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar“; „Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?“; „Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas *LED*, incluindo as não certificadas pelo INMETRO“ e „Telas *LED* – O que precisamos saber!“.

E na seção 3 apresentamos algumas sugestões de como organizar uma Feira de Ciências com trabalhos escritos nos moldes da ABP.

A1. Espectrômetro

Os espectrômetros que aqui apresentamos são constituídos basicamente por uma rede de difração, uma fenda, uma câmara escura e uma câmera que pode ser uma *webcam* ou a de um celular. A fenda delimita um fino feixe de luz que, então atinge a rede de difração. Já a rede de difração, que possui, a cada milímetro de sua superfície, centenas de fendas microscópicas, atua como um prisma, separando espacialmente a luz em feixes de ondas aproximadamente monocromáticos, que são as cores componentes do espectro. Ou seja, a luz que atinge uma rede de difração sofre desvios que dependem do comprimento de onda da luz. A partir da imagem capturada pela câmera, será dada a leitura da intensidade luminosa de cada comprimento de onda que existe na composição da luz incidente (PAULA, 2011).

A função básica dos espectrômetros é medir a intensidade da luz por comprimento de onda de uma fonte de luz a ser estudada, o que nos possibilita caracterizar lâmpadas ou qualquer outra fonte de luz a partir de seus diferentes espectros de emissão, e a caracterizar vidros e películas a partir do espectro da luz transmitida por esses materiais.

A1.1. Espectrômetro 1

O espectrômetro 1 tem uma rede de difração interna e possui uma *webcam* conectada a um *notebook*, como mostra a Figura 1. Por meio da página <https://spectralworkbench.org> as fotografias dos espectros luminosos são convertidos em gráficos de intensidade por comprimento de onda. Ele também possui uma abertura para inserção de um celular com um aplicativo de luxímetro para medir a luminosidade de lâmpadas, a luminosidade que atravessa vidros ou películas e a variação da luminosidade de uma lâmpada em estudo ao longo de um tempo de uso contínuo.



Figura 1: Fotografia do Espectrômetro. Descrição: Espectrômetro de baixo custo, feito em caixa de MDF. Conta com um compartimento para Lâmpadas (1), dois suportes centrais para vidros e fenda (2 e 3), uma *webcam* conectada a um *notebook* (4), uma fenda confeccionada com lâminas de barbear (5), vidros (6) e espaço para inserção de um celular rodando um aplicativo de luxímetro (7). Este aparelho possibilita a realização dos experimentos em qualquer ambiente, sem a necessidade de escurecê-lo, além de não incomodar nossos olhos com a luz das lâmpadas. Fonte: Acervo do autor.

A1.1.1. Materiais necessários

- 0,7 m² de *MDF* de 3 mm;
- 1 lâmina de barbear;
- Tinta branca;
- Tinta preta fosca;
- Bocal Termoplástico adaptado com Plugue Macho;
- 1 m de fio paralelo;
- 1 plugue macho;
- 1 plugue fêmea;
- 1 interruptor para abajur.

- Cola de silicone para madeira;
- 1 *webcam* USB;
- Rede de difração;

A1.1.2. Como montar

A sequência de Figuras a seguir o auxiliará na construção do espectrômetro. O cálculo das dimensões do espectrômetro baseou-se no tamanho das lâmpadas, num melhor posicionamento para a câmera e na utilidade dos compartimentos para guardar os materiais utilizados.

Para tanto, siga as orientações que se seguem:

- a) Na Figura 2, apresenta-se o modelo do espectrômetro a ser construído.

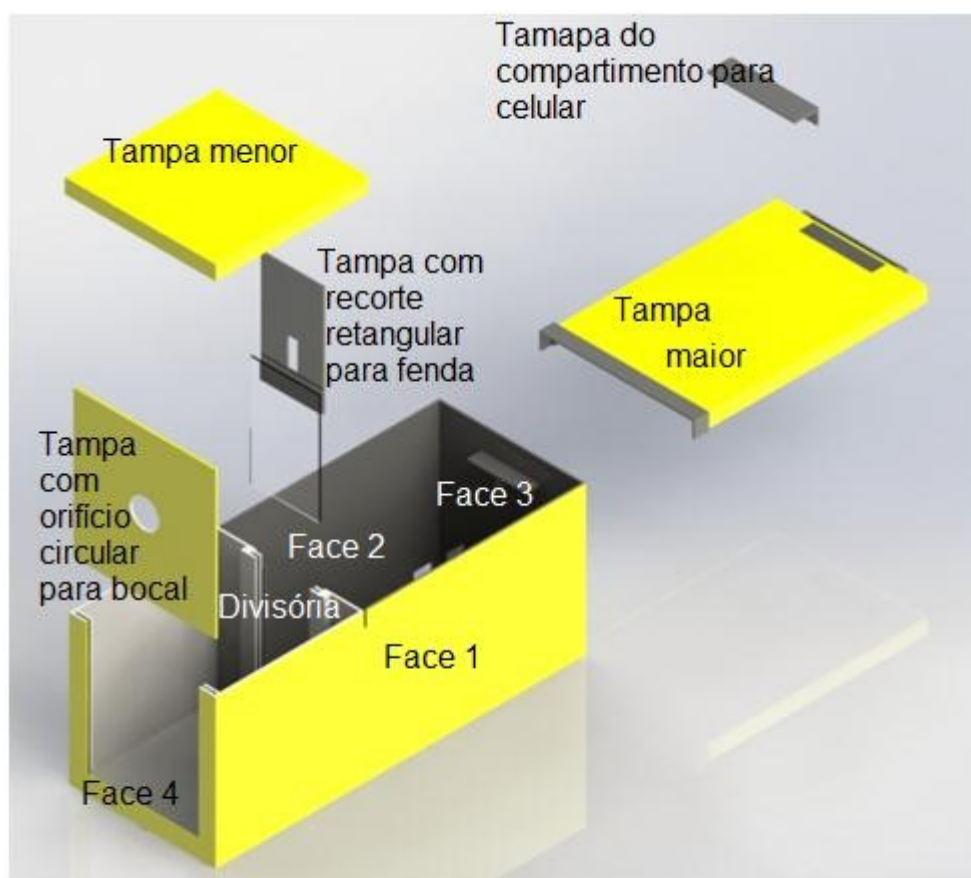


Figura 2 – Componentes da estrutura do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

- b) Inicialmente, desenhe no *MDF* os moldes das partes necessárias para a montagem do espectrômetro. As figuras a seguir, ilustram cada uma dessas partes.

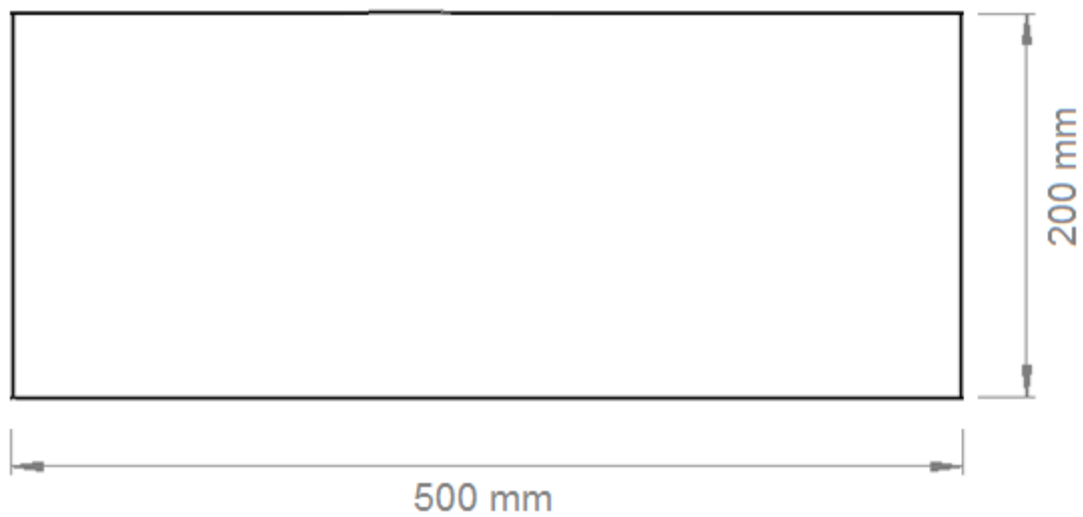


Figura 3 – Fundo do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

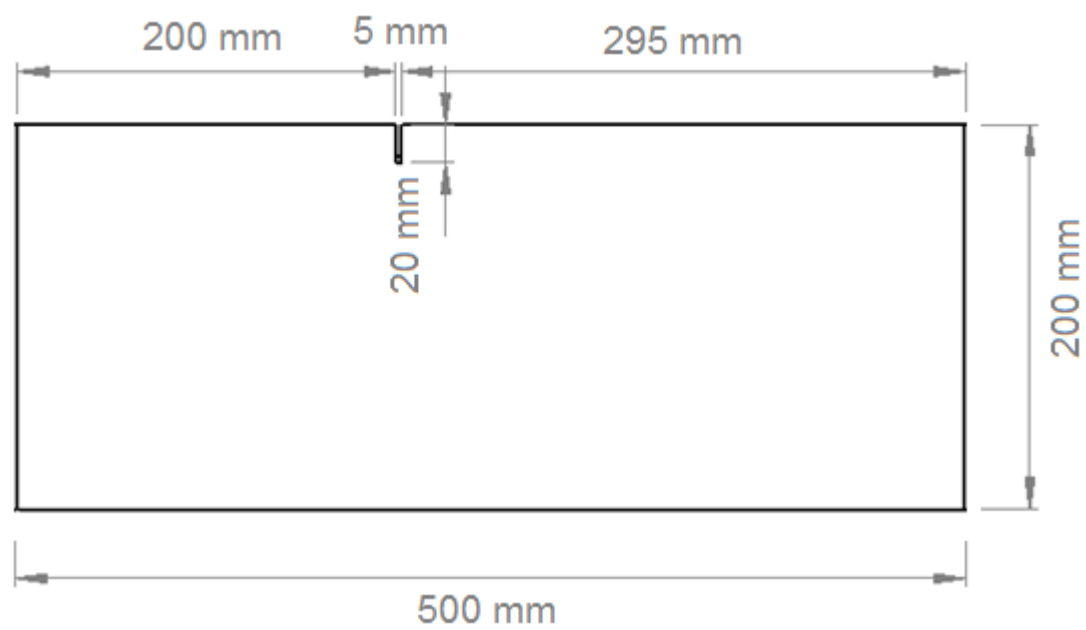


Figura 4 – Face 1 do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

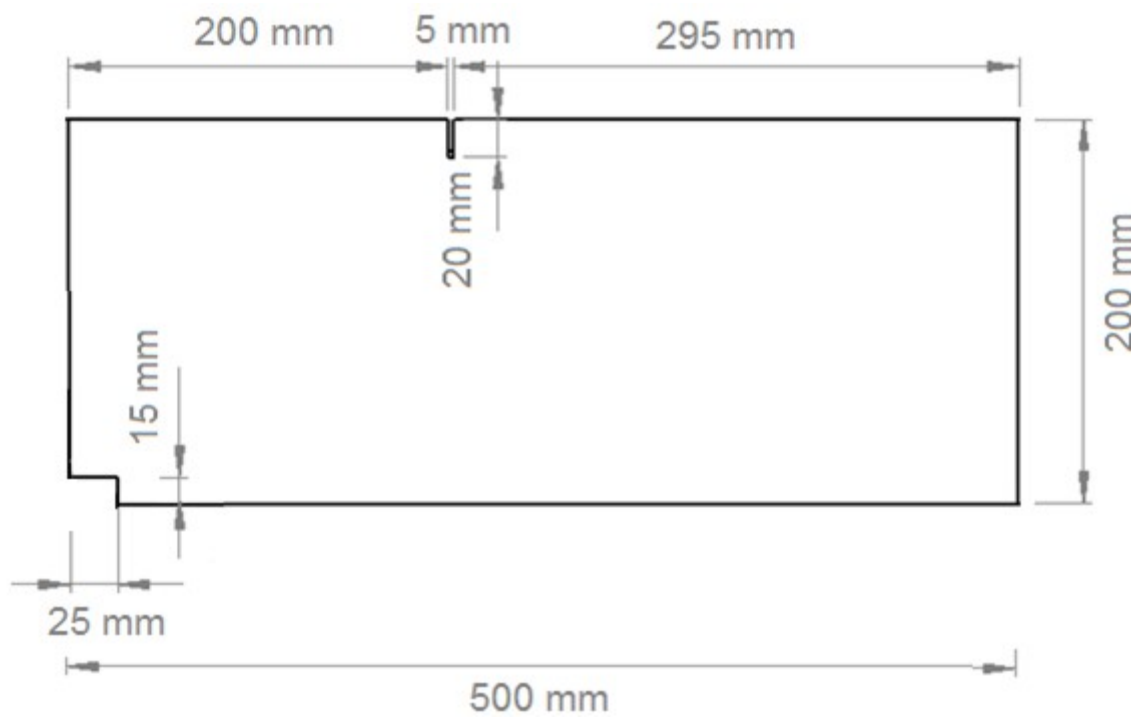


Figura 5 – Face 2 do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

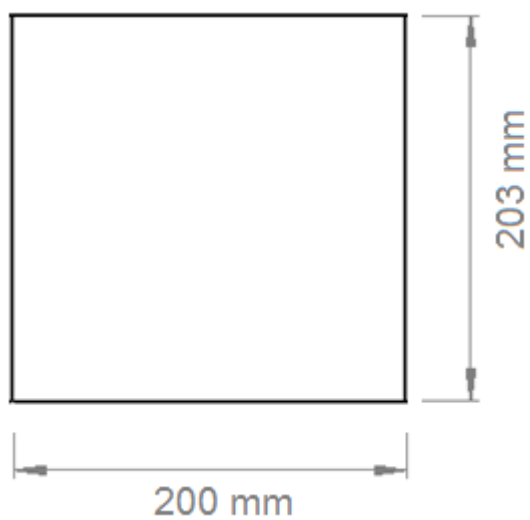


Figura 6 – Face 3 do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

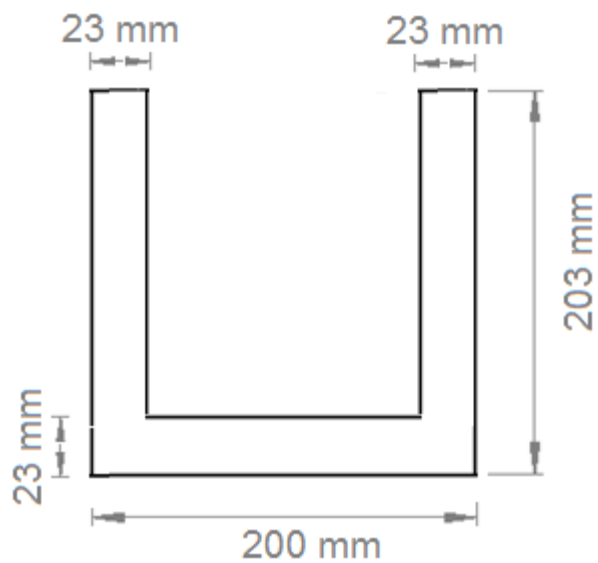


Figura 7 – Face 4 do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

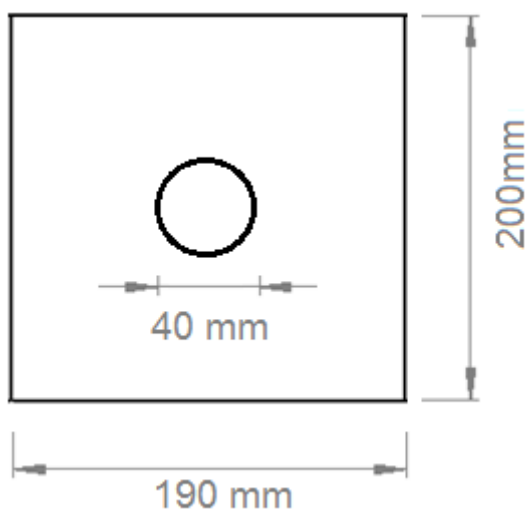


Figura 8 – Tampa com orifício circular central para bocal. Fonte: Acervo do autor.

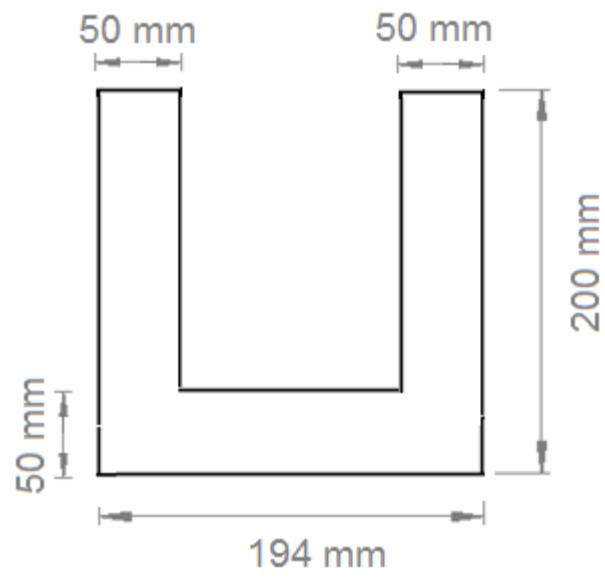


Figura 9 – Divisória do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

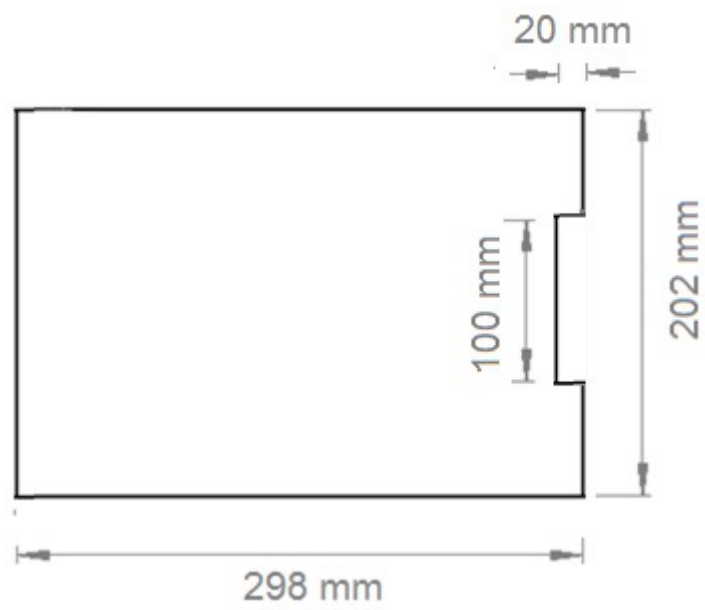


Figura 10 – Tampa maior do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

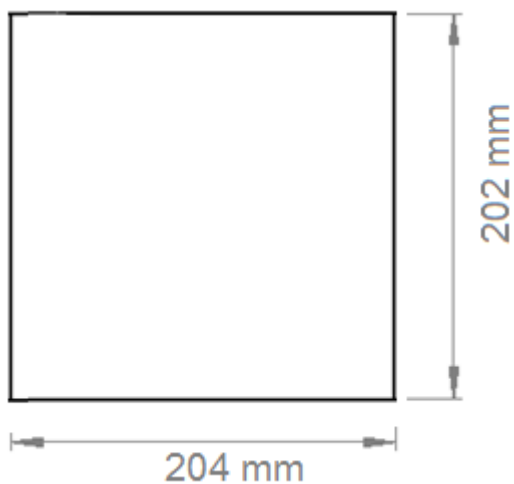


Figura 11 – Tampa menor do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

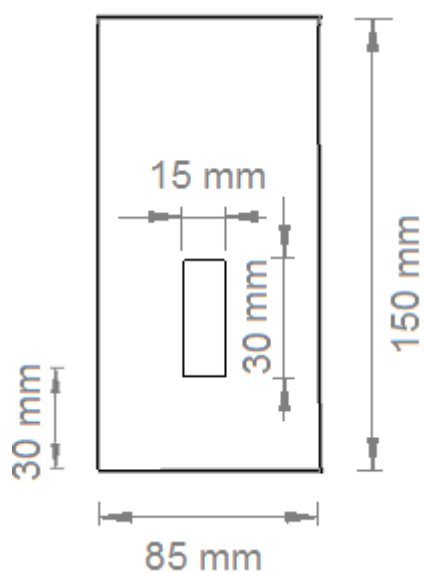


Figura 12 – Tampa com recorte retangular para fenda. Fonte: Acervo do autor.



Figura 13 – Tampa do compartimento para celular. Fonte: Acervo do autor.

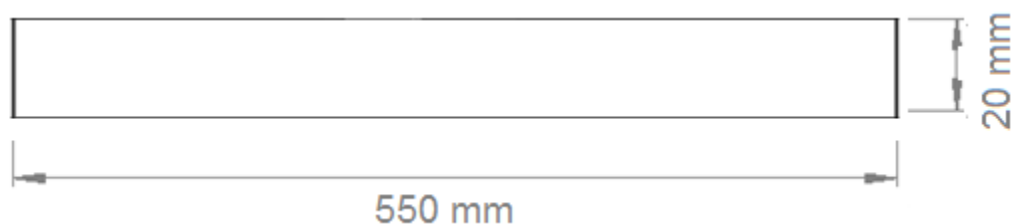


Figura 14 – Tiras de *MDF*. Fonte: Acervo do autor.

- c) Após desenhar no *MDF* cada parte do espectrômetro, realize os cortes. Caso tenha dificuldade em fazê-los, peça ajuda a um carpinteiro, por exemplo.
- d) As tiras de *MDF* da Figura 14 serão utilizadas nos acabamentos laterais das tampas e na confecção dos suportes para a tampa com orifício circular, para a tampa com recorte retangular e para os vidros. Ao todo serão necessárias 6 tiras.
- e) Comece a montagem pela divisória ilustrada na figura 15. Ela contém no lado A, o suporte para a tampa com recorte retangular, que receberá a fenda e no lado B, o suporte para os vidros. O suporte do lado A deve ficar 20 mm abaixo da parte superior da divisória e na montagem do suporte do lado B, utilize tiras de 10 mm de largura para compor a parte central do respectivo suporte. Para facilitar a montagem, faça uma linha central e longitudinal nos pedaços de tiras a serem utilizados, para que no ato da cola-gem, apenas a metade delas fique em contato com a divisória.

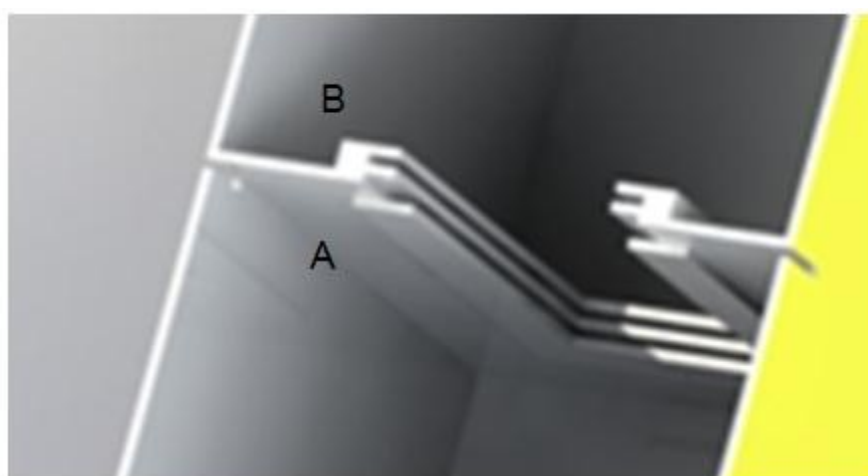


Figura 15 – Ilustração da divisória. Fonte: Acervo do autor.

- f) Realizados os passos anteriores, inicie a montagem do corpo do espectrômetro. Cole sobre o fundo as faces 1 e 2, e lateralmente ao fundo, cole as faces 3 e 4. E em seguida cole a divisória, como ilustrado nas Figuras 2 e 16.

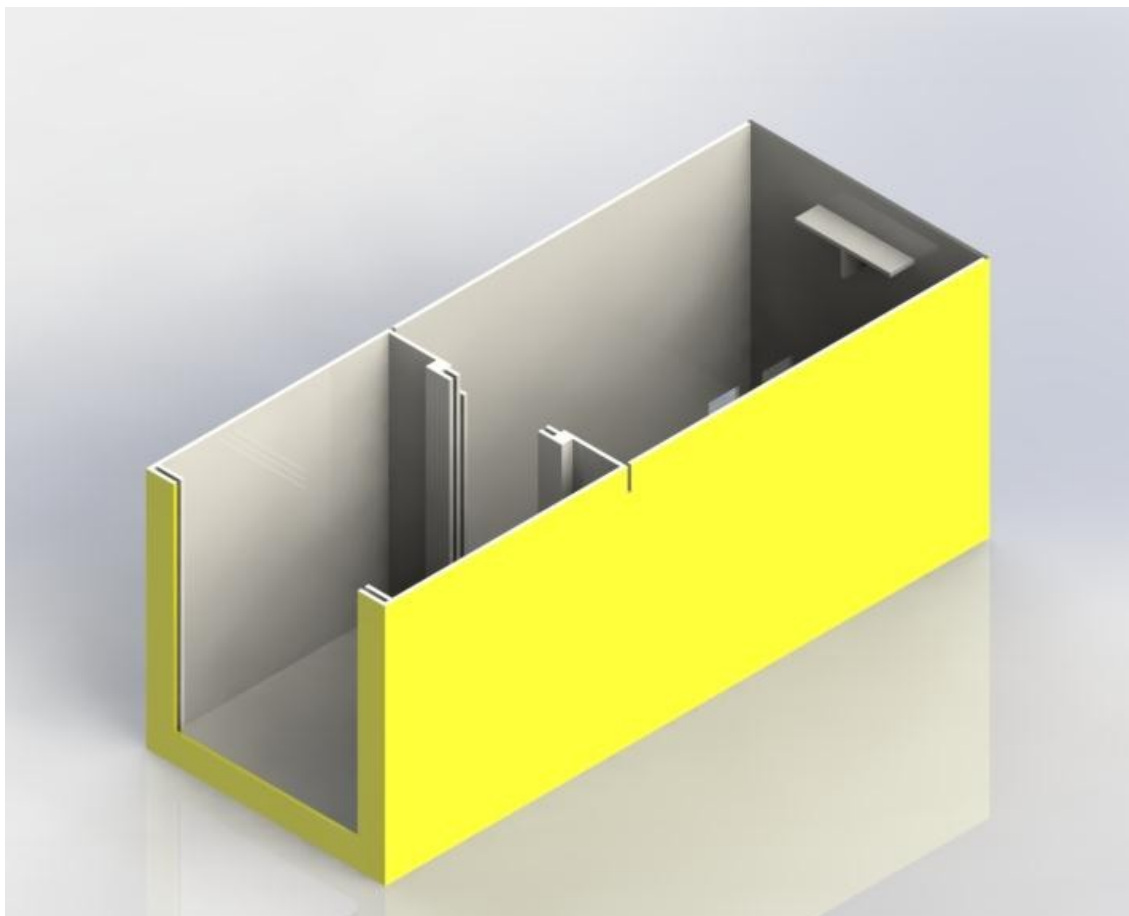


Figura 16 – Corpo do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

- g) Cole junto à face 4, duas tiras para compor o suporte da tampa com orifício circular. E a 30 mm da parte superior da face 3, cole o apoio para celular confeccionado com as próprias tiras. O apoio tem 80 mm de comprimento e é sustentado por um pedaço de tira de dimensões 20 mm X 20 mm.
- h) Para finalizar a tampa menor, cole as tiras em suas laterais como indicado nas Figuras 17 e 18.

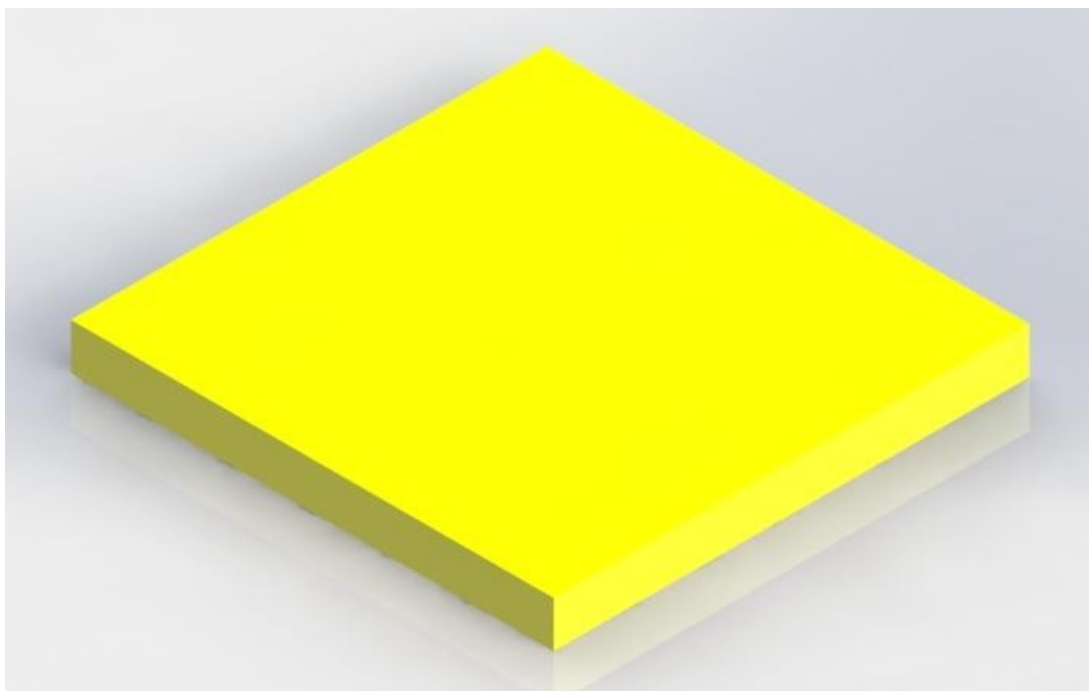


Figura 17 – Perspectiva isométrica da tampa menor. Fonte: Acervo do autor.

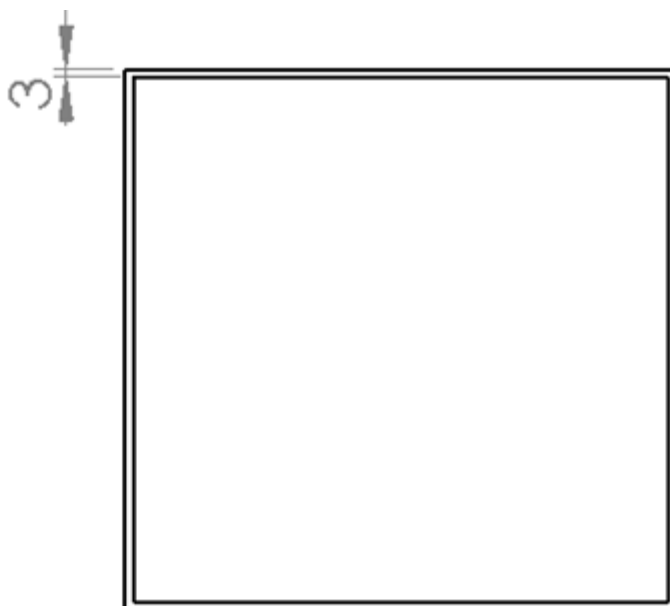


Figura 18 – Ilustração da vista superior da tampa menor. Fonte: Acervo do autor.

- i) Para finalizar a tampa maior, cole as tiras, como indicado nas Figuras 19 e 20. No topo da ilustração da figura 20, está esquematizado o suporte para a tampa do compartimento para celular, e na parte inferior da referida ilustração, um acabamento para cobrir o espaço formado entre as tampas maior e menor.

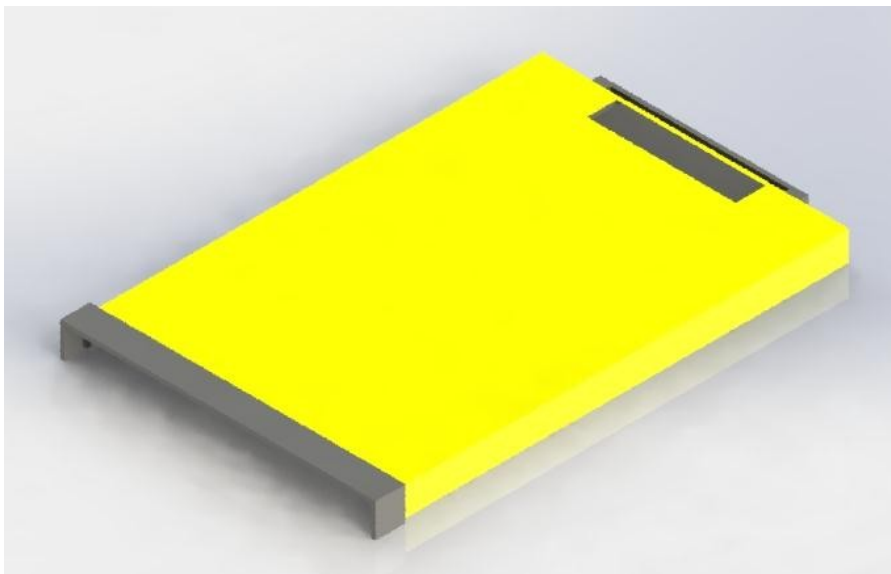


Figura 19 - Perspectiva isométrica da tampa maior. Fonte: Acervo do autor.

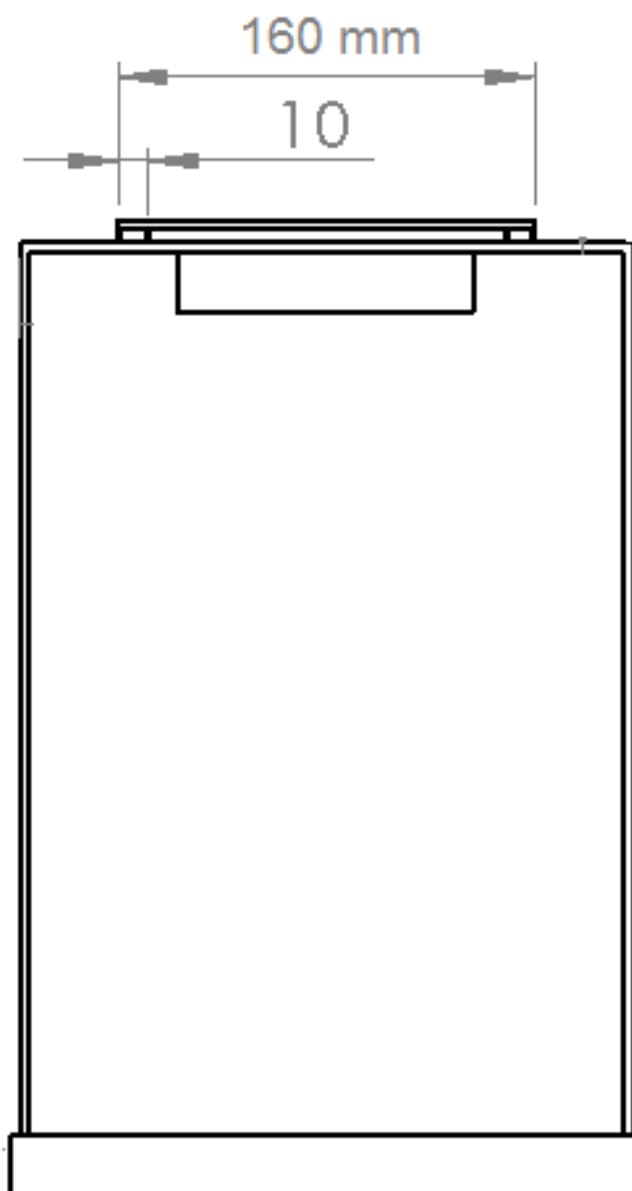


Figura 20 – Ilustração da vista superior da tampa maior. Fonte: Acervo do autor.

- j) Confeccione a tampa do compartimento para celular com o recorte ilustrado na Figura 13 e conforme a ilustrada na Figura 21.

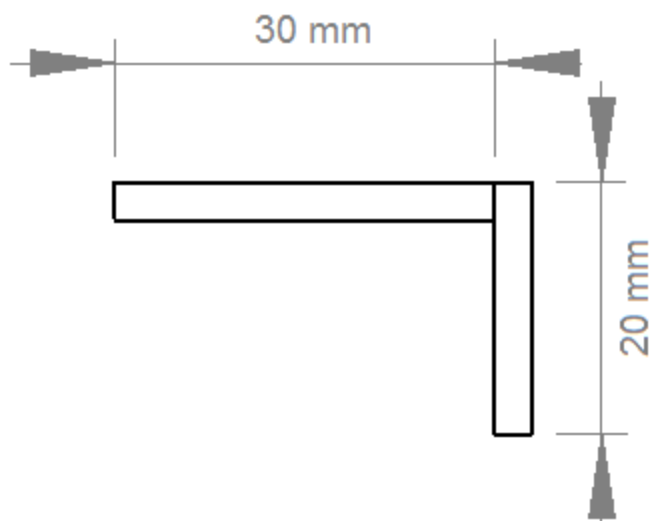


Figura 21 – Vista lateral da tampa do compartimento para celular. Fonte: Acervo do autor.

- k) Para confeccionar a fenda, corte uma lâmina de barbear ao meio como indicado na Figura 22, e cole as partes sobre o recorte retangular ilustrado na Figura 12. A fenda deve ter 1mm de largura.



Figura 22 – Lâmina de barbear e fenda: Fonte: Acervo do autor.

- l) A instalação elétrica pode ser feita, conforme ilustrado na Figura 23.

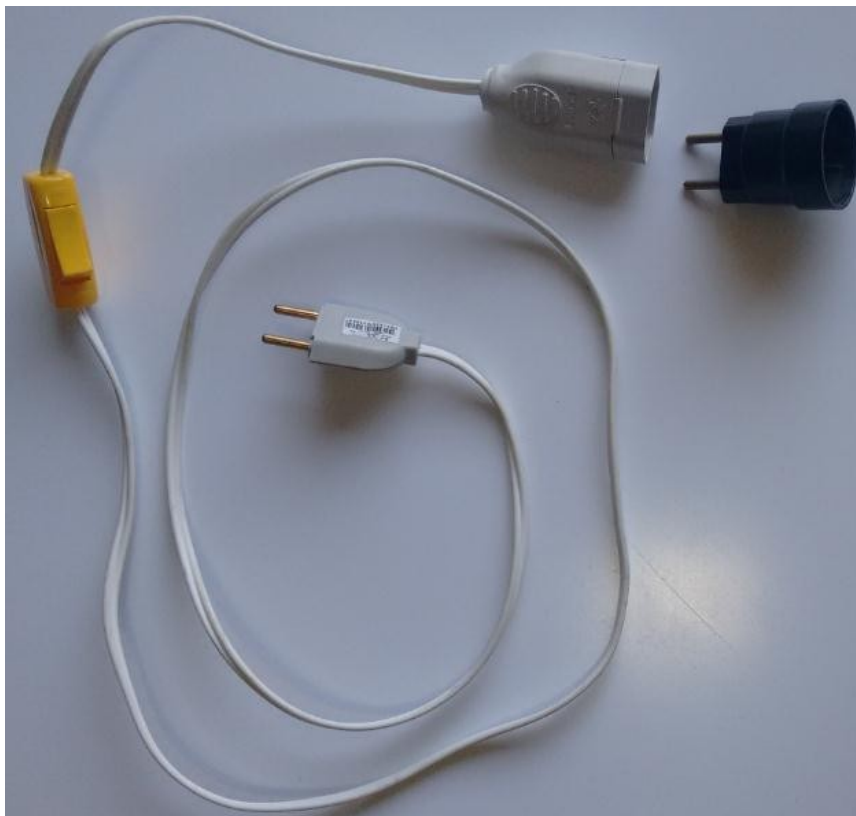


Figura 23 – Instalação elétrica do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

m) A rede de difração deve ser acoplada à câmera de forma que ela fique bem próxima à sua lente e também possa girar. A Figura 24 é um exemplo de como ela pode ser usada, mas a sua montagem vai depender do modelo da câmera que será usada.



Figura 24 – Webcam com adaptador de rede de difração. Fonte: Acervo do autor

- n) E por fim, pintar o espectrômetro conforme ilustrado na Figura 1. A cor branca é recomendada para amenizar o aquecimento enquanto a lâmpada estiver ligada. E a tampa com a fenda deve ser pintada de branco de um lado e de preto do outro lado. A parte externa do espectrômetro pode ser pintada com a cor da sua preferência.

A1.1.3 Instruções de uso

Para usar o espectrômetro, é necessário que a webcam esteja conectada a um computador. Após acessar a página <https://spectralworkbench.org>, ligue a lâmpada com o compartimento menor tampado e clique em *Capture spectra* para visualizar o espectro. Caso não consiga visualizá-lo, gire a rede de difração até que o espectro apareça na posição correta - sobre uma linha amarela que aparece na tela e perpendicularmente a ela. Estando tudo certo, feixe o compartimento maior e clique em *Begin Capturing* para obter o gráfico da intensidade por comprimento de onda do espectro analisado.

Caso pretenda analisar a luz transmitida por um vidro, insira-o no compartimento para vidros e repita os passos descritos anteriormente.

Para medir a luminosidade das lâmpadas ou a luminosidade transmitida pelos vidros, retira-se o suporte com a fenda e posiciona-se o celular rodando um aplicativo de luxímetro no local especificado na Figura 25. Todas as medições devem ser feitas com o espectrômetro fechado. Nesse caso, recomenda-se usar a lâmpada halógena. É importante que se meça a luminosidade da lâmpada sem o vidro e da lâmpada com o vidro pra fazer comparações.



Figura 25: Espectrômetro com celular rodando um aplicativo de luxímetro. Descrição: Montagem criada para medir, de forma padronizada, a luminosidade dos diferentes modelos de lâmpadas. Fonte: Acervo do autor.

A1.2 Espectrômetro 2

O espectrômetro 2 foi construído a partir de um espectroscópio, cujo modelo encontra-se no livro „Quântica para iniciantes: investigações e Projetos” (PAULA, 2011), com algumas adaptações para conectá-lo ao celular, como ilustrado na Figura 26.

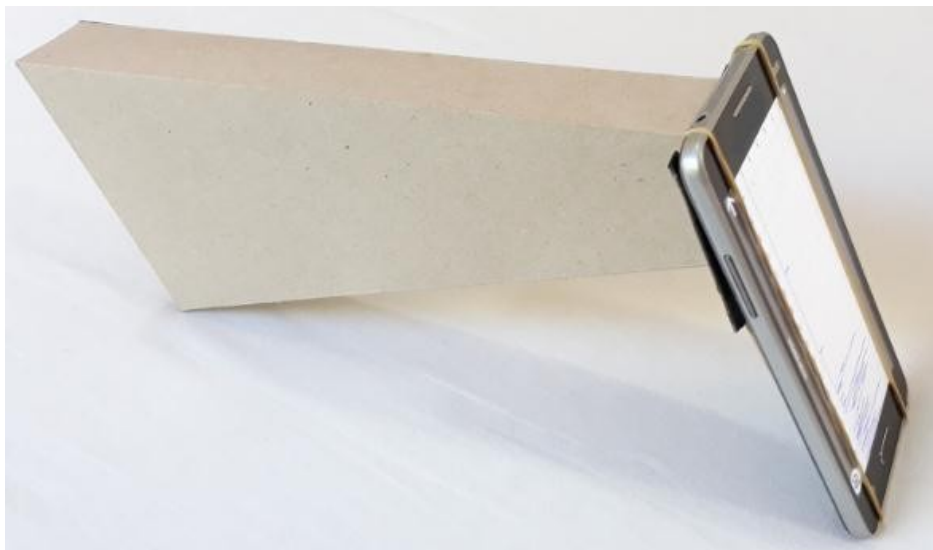


Figura 26: Espectrômetro 2. Fonte: Acervo do autor.

A1.2.1 Materiais necessários

- 1 folha de papel cartão preto fosco;
- Cola branca para papel;
- Rede de difração;
- Fita adesiva;
- Dois elásticos para prender dinheiro.

A1.2.2 Como montar

Para montar o espectrômetro 2, siga as seguintes instruções:

- a) Desenhe no papel cartão, os moldes ilustrados nas Figuras 27 e 28. Atente para a largura da fenda, que deve ser de 1 mm, e para um pequeno quadrado, com 1 cm de lado, que aparece na parte inferior da figura, onde deverá ser fixada a rede de difração.

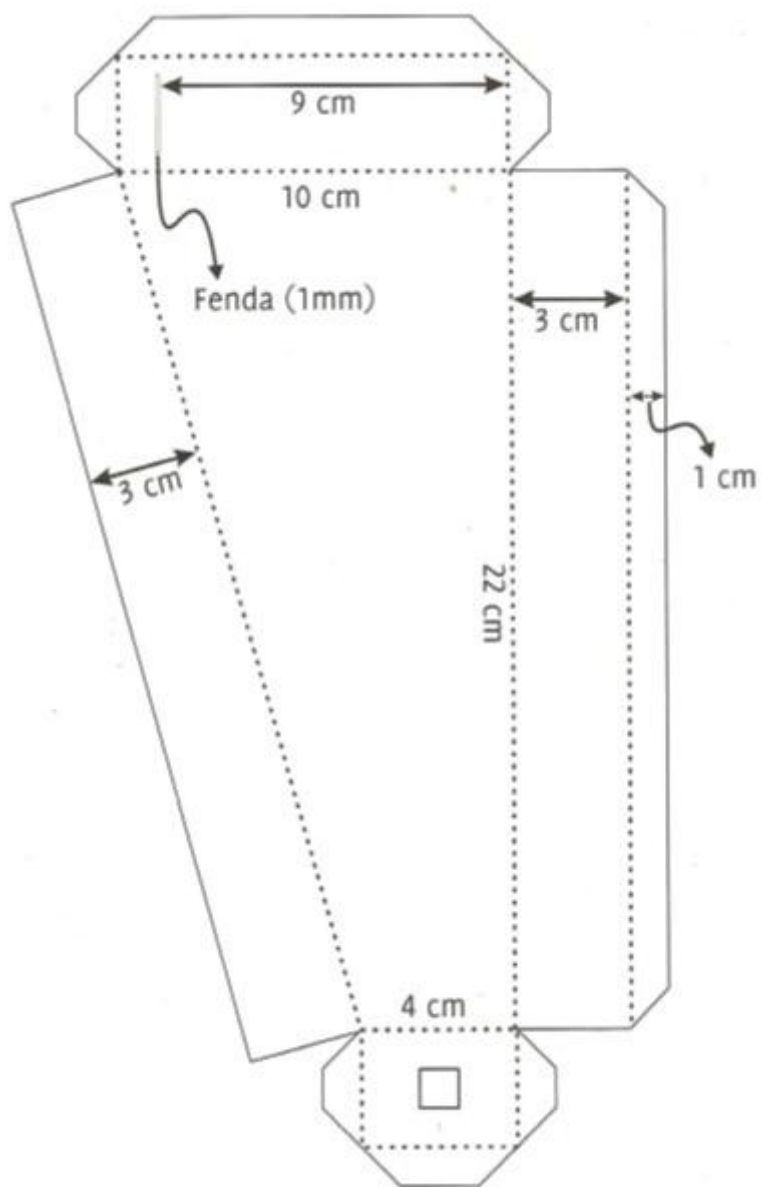


Figura 27 – Molde do espectrômetro 2. Fonte: Quântica para iniciantes: investigações e Projetos (PAULA, 2011).

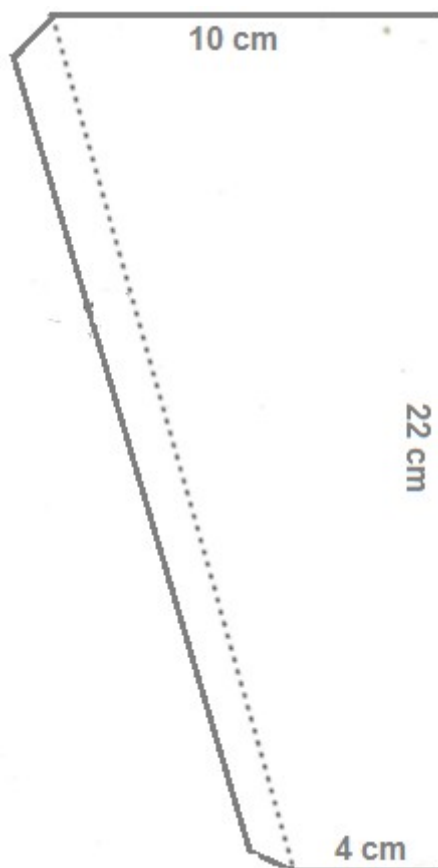


Figura 28 – Molde de uma das faces do espectrômetro 2. Fonte: Acervo do autor.

- b) Recorte, então, os molde pelas linhas contínuas e dobre-os nas linhas pontilhadas. Para o recorte da fenda e do quadrado utilize um estilete.
- c) Para montar a estrutura do espectrômetro, passe cola nas abas e cole-as.
- d) A Figura 29 ilustra o molde do adaptador para o celular. Os dois cortes na parte superior devem ter no máximo 2 mm de largura e a profundidade pode variar conforme a posição da lente da câmera do celular utilizado. Para que a adaptador fique firme, faça de dois a três cortes do seu molde, e cole-os um sobre o outro.

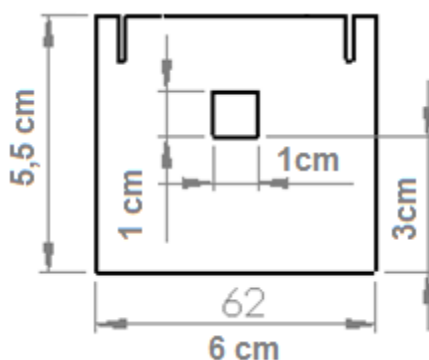


Figura 29 – Molde do adaptador para celular. Fonte: Acervo do autor.

- e) Fixe a rede de difração no local apropriado utilizando fita adesiva e cole no mesmo local, o adaptador para celular, como ilustrado na Figura 30. Antes de conectar a caixa do espectrômetro ao celular, certifique-se de que a cola esteja seca.



Figura 30 – Montagem completa do corpo do espectrômetro. Fonte: Acervo do autor.

A1.2.3 Instruções de uso

Para usar o espectrômetro instale no seu celular o aplicativo *Spectral UPB*, disponível gratuitamente no *Play Store*. Feito isso, acople a caixa do espectrômetro ao celular, prendendo-a com os elásticos, como ilustrado na Figura 26. O aplicativo transformará as imagens de espectros em gráficos quantitativos de intensidade por comprimento de onda da luz emitida por diversas fontes luminosas.

A2. Utilizando os espectrômetros no contexto da Aprendizagem Baseada em Projetos

A Aprendizagem Baseada em Projetos é uma abordagem de ensino por meio da qual os alunos são desafiados a investigarem dilemas relacionados com problemas do mundo real que sejam significativos para eles. Com o suporte

do professor, são desenvolvidos projetos realistas e autênticos, baseados em questões/ problemas/ tarefas capazes de despertar o interesse dos alunos de maneira envolvente e comprometida e que levem os mesmos a atuarem em grupo e a buscarem o conhecimento de conteúdos acadêmicos, adquirindo nesse curso algumas habilidades para usar as inovações tecnológicas em benefício da resolução das situações-problema (BENDER, 2014).

Entendendo, por exemplo, que a aprendizagem se torna mais significativa quando adquirida por meio da vivência e que é necessário que o trabalho educativo seja mais reflexivo, John Dewey (1979) já havia proposto uma pedagogia na qual a aprendizagem é instigada por problemas concretos que, intencionalmente, despertam estímulos cognitivos e geram nos alunos dúvidas, hipóteses e a vontade de investigar, analisar, interpretar, comparar e avaliar a situação (PEREIRA *et al.*, 2009).

Como a ABP proposta por Bender (2014) também se baseia em um problema do mundo real, ela é definida ainda como uma metodologia que segue a abordagem do Desempenho Autêntico, uma vez que a aprendizagem parte de um cenário existente e produz uma simulação ou uma proposta do que se espera da atuação no mundo de fato.

A2.1 Projetos sobre fontes de luz natural e artificial e sua relação com a vida humana

Os temas dos projetos abordam a análise espectroscópica da luz emitida por diferentes modelos de lâmpadas e telas LED e a avaliação da influência dos vidros e películas na iluminação natural.

A2.1.1. Projeto 1- „O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar“

Este projeto estuda uso de películas e vidros. Assim como neste e nos dois próximos projetos, foi utilizado o espectrômetro 1 e o aplicativo luxímetro instalado em celulares para medir quantitativamente o espectro e a luminosidade transmitidos por esses materiais.

Título	O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar.
Questão motriz	Como os vidros e películas interferem na luz solar?
Apresentação e Descrição (Âncora)	<p>A luz solar apresenta variações perceptíveis quando mudamos de ambiente. Essas mudanças também podem ser visualizadas e analisadas usando aparelhos simples, como espectroscópios, espectrômetros e luxímetros.</p> <p>Os instrumentos acima citados trazem à tona várias possibilidades, dentre elas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - conhecer o espectro da luz solar e as alterações que nele ocorrem, quando a luz atravessa um vidro ou uma película, e medir a luminosidade dos ambientes. <p>Películas e vidros de proteção solar instalados em imóveis e automóveis aliviam o calor e evitam os resultados negativos da radiação. Como melhor aproveitar a iluminação solar fazendo o uso desses materiais? E o que acontece com a luz solar quando ela os atravessa?</p>
Sugestões de atividades (Brainstorming)	<p>Os procedimentos e atividades sugeridos a seguir darão mais credibilidade ao trabalho, à medida que os dados coletados complementarão os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Registrar o espectro solar apontando o espectrômetro diretamente para o céu; -Registrar o espectro solar no interior de imóveis e automóveis; -Testar diferentes tipos de películas e vidros com o espectrômetro* e registrar os espectros e o valor da luminosidade que esses materiais transmitem; - Identificar as películas e vidros que interferem na iluminação; - Realizar pesquisas na internet para complementar os dados coletados experimentalmente; <p>*Observação: Nas medições feitas no espectrômetro, deverá ser usada a lâmpada halógena, por emitir luz com espectro mais próximo ao da luz solar.</p>
Produto (Artefatos)	De posse dos dados coletados nos mais diversos ambientes e de vários materiais, a equipe terá que compará-los com pesquisas científicas disponíveis na internet e produzir um texto informativo (panfleto) que oriente as pessoas quanto às formas para aproveitar a luz solar economizando energia elétrica com iluminação artificial, com conforto térmico e se protegendo da radiação solar.
Materiais e recursos digitais utilizados	<ul style="list-style-type: none"> - Celular com sensor de luminosidade - Aplicativo luxímetro - Espectrômetro para lâmpadas - Notebook - Página: https://spectralworkbench.org

Quadro 1: Proposta do Projeto „O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar.“ Fonte: Própria.

A2.1.2. Projeto 2 – „Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?“

Neste projeto, é feita uma pesquisa sobre lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes e *LED*. A pesquisa tem um cunho também experimental, na qual se avalia qual lâmpada produz um espectro mais compatível com a necessidade da visão humana e ainda a economia que as mesmas podem proporcionar.

Título	Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?
Questão motriz	Qual a melhor lâmpada para o nosso uso diário?
Apresentação e Descrição (Âncora)	Existem no mercado vários modelos de lâmpadas disponíveis para o uso doméstico. Você saberia dizer qual é o melhor modelo em termos de custo/benefício, economia, durabilidade e qualidade da luz emitida? Partindo desta questão, a equipe terá que testar os mais diferentes modelos de lâmpada usando um espectrômetro e aplicativos disponíveis gratuitamente no <i>Play Store</i> . As medições obtidas deverão ser estudadas e complementadas com o resultado de pesquisas científicas disponíveis na internet.
Sugestões de atividades (Brainstorming)	<p>As atividades sugeridas a seguir darão mais credibilidade ao trabalho, à medida que os dados coletados complementarão os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet.</p> <ul style="list-style-type: none"> g) - Conhecer os espectros emitidos pelos diferentes modelos de lâmpadas encontrados no mercado (halógena, incandescente, fluorescente e <i>LED</i>) utilizando o espectrômetro. h) - Comparar os diferentes tipos de lâmpadas quanto ao consumo de energia e eficiência luminosa; i) - Investigar se há um modelo de lâmpada que melhor atende os diferentes ambientes de uma casa; j) - Pesquisar qual lâmpada emite luz com características mais confortáveis para a nossa visão; k) - Analisar qual espectro melhor se aproxima do espectro da luz solar, que é a luz natural; l) - Comparar os espectros na faixa do visível e do infravermelho com a eficiência de cada lâmpada; m) - A partir de um modelo de lâmpada, testar qual é a potência mais indicada para o tamanho de um ambiente. Obter esse resultado usando um luxímetro e medindo a intensidade luminosa para verificar se a potência será ou não suficiente para o tamanho do ambiente.
Produto (Artefatos)	Produzir material que contenha informações importantes sobre cada modelo de lâmpada e que ajude as pessoas a escolherem quais delas poderão atendê-las de forma satisfatória em suas especificidades.
Materiais e recurso digitais utilizados	<ul style="list-style-type: none"> - Celular com sensor de luminosidade. - Aplicativo luxímetro. - Espectrômetro para lâmpadas. - Notebook. - Página: https://spectralworkbench.org.

Quadro 2: Proposta do Projeto „Lâmpadas: qual a mais eficiente, econômica e adequada para os diferentes usos e ambientes?“. Fonte: Própria.

A2.1.3. Projeto 3 - „Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas LED, incluindo as não certificadas pelo INMETRO“

Neste projeto, compara-se a eficiência e a qualidade de lâmpadas LED autenticadas e não autenticadas pelo INMETRO.

Título	Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas LED, inclusive as não certificadas pelo INMETRO.
Questão motriz	Será que todas as lâmpadas LED possuem a mesma qualidade?
Apresentação e Descrição (Âncora)	As lâmpadas LED, inicialmente usadas como decorativas, hoje já são uma opção de principal fonte luminosa das residências. Por ser muito econômico, o uso desse tipo de lâmpada tem crescido muito nos últimos anos. E isso chamou a atenção da indústria, levando várias empresas a fabricarem este tipo de lâmpada, cuja introdução no mercado se deu sem a certificação do INMETRO. A partir deste dado, a equipe terá a tarefa de testar um conjunto de lâmpadas utilizando o espectrômetro e o luxímetro, comparando os espectros e a luminosidade emitida por cada uma ao longo do tempo e confrontar os resultados obtidos experimentalmente com os resultados das pesquisas científicas disponíveis na internet.
Sugestões de atividades (Brainstorming)	As atividades sugeridas a seguir, darão mais credibilidade ao trabalho, à medida que os dados coletados complementarão os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet. - Comparar o espectro emitido por diferentes marcas de lâmpadas LED, inclusive as não certificadas pelo INMETRO; - Comparar a potência elétrica com a luminosidade emitida por cada modelo; - Verificar se haverá alguma alteração no espectro ou queda na luminosidade após usar a lâmpada por um período pré-determinado.
Produto (Artefatos)	Produzir um panfleto que contenha informações e o resultado dos testes efetuados com as lâmpadas LED, a fim de orientar as pessoas quanto ao uso consciente dos variados modelos de lâmpadas disponíveis no mercado.
Materiais e recursos digitais utilizados	- Celular com sensor de luminosidade. - Aplicativo luxímetro. - Espectrômetro para lâmpadas. - Notebook - Página: https://spectralworkbench.org .

Quadro 3: Proposta do Projeto „Testando a qualidade e a eficiência de diferentes marcas de lâmpadas LED, incluindo as não certificadas pelo INMETRO“. Fonte: Arquivo do autor.

A2.1.4. Projeto 4 - „Telas LED – O que precisamos saber!“

Neste projeto, faz-se um estudo inicialmente comparativo dos espectros emitidos pelas telas *LED* de diferentes aparelhos com o da luz solar, e posteriormente avalia-se porque as telas *LED* podem fazer mal à nossa visão.

Título	Telas de <i>LED</i> – o que precisamos saber!
Questão motriz	O uso prolongado do celular ou de outro aparelho com tela de <i>LED</i> pode prejudicar nossa visão?
Apresentação e Descrição (Âncora)	Telas de <i>LED</i> possibilitaram a fabricação de aparelhos mais compactos e econômicos e são utilizadas em <i>notebooks</i> , <i>tablets</i> , celulares, TVs, dentre outros. Com o uso de um espectroscópio portátil que pode ser facilmente construído e acoplado a um celular e aplicativos disponíveis gratuitamente no <i>Play Store</i> , a equipe terá que obter os espectros da luz emitida por telas dos mais variados aparelhos, além de medir a luminosidade que elas proporcionam. Em seguida, estabelecerão um paralelo dos dados coletados experimentalmente com os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet.
Sugestões de atividades (Brainstorming)	As atividades sugeridas a seguir, darão mais credibilidade ao trabalho, à medida que os dados coletados complementarão os resultados de pesquisas científicas disponíveis na internet, dando base para que a equipe responda a questão motriz. <ul style="list-style-type: none"> - Comparar o espectro de emissão da luz emitida por diferentes telas <i>LED</i>, como as de computadores, <i>notebooks</i>, <i>tablets</i> e celulares. - Comparar o espectro da luz solar com o espectro da luz emitida por uma tela <i>LED</i>. - Pesquisar se há alguma característica da luz emitida pelas telas <i>LEDs</i> que podem causar um desconforto em nossa visão. Relacione o resultado da pesquisa com os espectros obtidos. - Pesquisar se o uso constante desses aparelhos pode acarretar em algum dano a nossa visão e como explicar isso através do espectro e da fisiologia do olho humano. - Medir a variação da luminosidade com a distância da tela. - Pesquisar se há uma distância segura para utilizar aparelhos com telas de <i>LED</i> e se esse afastamento tem relação com a luminosidade e o tamanho da tela.
Produto (Artefatos)	Produzir um material que oriente as pessoas quanto ao uso seguro e adequado das telas de <i>LED</i> .
Materiais e recursos digitais utilizados	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrômetro 2. - Celular com sensor de luminosidade. - Aplicativo <i>Spectra UPB</i>. - Aplicativo luxímetro. - Caixa de papelão ou de sapato encapada internamente com folha branca. Na caixa deve ser feita uma pequena abertura para o encaixe de um celular.

Quadro 4: Proposta do Projeto „Telas de *LED* – o que precisamos saber!“. Fonte: Acervo do autor.

A3. Feira de Ciências e ABP: uma associação motivadora para a construção do conhecimento

Barcelos, Jacobucci e Jacobucci (2010) apresentam as Feiras de Ciências como uma etapa de um projeto maior cujo desenvolvimento é feito através de relações interpessoais que podem favorecer vínculos afetivos e auxiliar na formação cidadã.

Hartmann e Zimmermann (2009) definem as Feiras de Ciências como eventos nos quais os alunos são os responsáveis pela demonstração de projetos que eles planejaram e executaram no ano letivo. Nesses eventos, os alunos apresentam algum artefato construído por eles ou uma comunicação oral e escrita com a sistematização dos resultados das investigações científicas desenvolvidas por eles. *“Eles vivenciam, desse modo, uma iniciação científica Júnior de forma prática, buscando soluções técnicas e metodológicas para problemas que se empenham em resolver”* (HARTMANN e ZIMMERMANN, 2009, p.2).

Esses espaços de mostra de trabalhos de iniciação científica são importantes para despertar o interesse pela Ciência e para incentivar os alunos a buscarem novos conhecimentos, desenvolvendo projetos interdisciplinares e demonstrando-os para os demais interessados, exercitando assim suas habilidades comunicativas (BORGES e ALBINO JUNIOR, 2007; MOTA e MARTINS, 2016).

Apesar da Feira de Ciências apresentar projetos desenvolvidos por alunos, ela não é equivalente à ABP. Pode, no entanto, ser uma etapa desse modelo pedagógico e também de outras abordagens metodológicas. A Feira de Ciências é um evento institucional, um acontecimento que mobiliza toda a comunidade escolar para as demonstrações dos alunos, promove o intercâmbio com outras escolas, favorece a socialização e a troca de experiências. Com isso, pode ser palco para a culminância de uma pesquisa desenvolvida por meio da ABP e apresentação do artefato produzido pelo grupo (BARCELOS, JACOBUCCI e JACOBUCCI, 2010).

A Feira de Ciência também pode ser uma estratégia usada pela escola tanto para realizar um trabalho interdisciplinar, explorando conteúdos de diferentes disciplinas, como para o estudo de conteúdos extracurriculares, que

não foram explicitados no currículo, mas que mesmo estando ocultos são importantes (BARCELOS, JACOBUCCI e JACOBUCCI, 2010).

Outra inovação diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem, uma vez que têm ocorrido modificações no acompanhamento dos experimentos dos alunos, na continuidade da discussão dos mesmos após o evento e nas formas de avaliação. Antes não havia uma sistemática para observar como os alunos individualmente estavam construindo os conhecimentos ou mesmo um momento para reflexão sobre os erros ocorridos na execução. As notas eram obtidas avaliando-se unicamente a apresentação, que finalizava a discussão, fazendo com que os conteúdos não fossem retomados posteriormente em sala de aula (BARCELOS, JACOBUCCI e JACOBUCCI, 2010). Atualmente, metodologias pedagógicas mais crítico-reflexivas têm causado impactos nas Feiras de Ciências, sendo a ABP uma delas.

Essa ferramenta pedagógica representa mais uma oportunidade da escola se comprometer com a metodologia ativa, na qual o aluno deixa de ocupar uma posição de receptor de conteúdos expostos pelos professores e passa a ser sujeito do seu desenvolvimento, realizando atividades concretas que estimulam a sua capacidade de criar (LIESCH e GURSKI, 2014).

O desenvolvimento de temas do interesse dos alunos também é um avanço desse tipo de evento científico, pois quando os temas tratados nas Feiras de Ciências estão relacionados a situações reais próximas da vivência dos alunos, como a importância da economia de energia elétrica e do uso racional dos recursos hídricos, a aprendizagem se torna mais significativa e a apropriação de conhecimentos teóricos trabalhados em diferentes disciplinas torna-se mais facilitada. (LIESCH e GURSKI, 2014).

Com a contextualização dos conteúdos, o interesse dos aprendizes se torna muito maior. Através de uma atividade aparentemente simples, pode surgir uma grande vontade de saber mais, de querer fazer mais e, até mesmo, de ser mais. Por isso é essencial favorecer a construção do conhecimento a partir do interesse dos alunos. E um dos caminhos que levam a alcançar esse objetivo é através da pesquisa e da iniciação científica (CARVALHO et al., 2014).

Hartmann e Zimmermann (2009), a partir dos estudos de Moraes (1986) e de Gonçalves (2008), destacam que a Feira de Ciências deve ser a culminação de um processo de estudo, investigação e produção, por meio do qual

os conhecimentos adquiridos são divulgados para a comunidade escolar pelos alunos, que têm a oportunidade de demonstrar os seus achados e desenvolver sua capacidade comunicativa. Ela não pode ser apenas uma atividade extemporânea feita para cumprir o cronograma da escola. Precisa ser uma etapa de um processo maior.

Por fim, a Feira de Ciências se apresenta como uma das possibilidades de criação de um contexto propício para a aplicação de metodologias ativas como a Aprendizagem Baseada em Projetos, pois esta *“requer que todos os envolvidos no processo educacional estejam engajados para criação de um contexto de aprendizagem real”*. Ela pode ser uma aliada da ABP, pois favorece situações de aprendizagens ricas e significativas para os alunos (SALVADOR et al., 2014, p.293).

A3.1 Modelo de Projeto de Feira de Ciências com trabalhos escritos nos moldes da ABP

O Modelo de Feira de Ciências que será apresentada a seguir tem como objetivo auxiliar o professor a promover uma Feira de Ciências que desperte o interesse pela pesquisa em Ciências e incentive os alunos a buscarem novos conhecimentos. Para tanto, é importante que sejam desenvolvidos projetos voltados para os interesses dos alunos, por meio de questões do dia a dia deles, a fim de que eles percebam a importância do conhecimento produzido ao longo do tempo nas pesquisas atuais.

O trabalho em equipe deve ser estimulado no decorrer de todo o desenvolvimento do projeto, e o professor deve atuar como orientador e mediador das atividades a serem realizadas pelos alunos.

A3.1.1 Projeto de Feira de Ciências

Justificativa

O projeto da nossa Feira de Ciências foi inspirado na construção do conhecimento pelos alunos. O aprender a aprender é o ponto chave e a prioridade a qual se deseja alcançar. Nossos alunos precisam despertar a autonomia do aprender e experimentar a pesquisa em suas vivências diárias em prol do desenvolvimento de habilidades.

Orientações gerais

O presente projeto de Feira de Ciências elaborado em consonância com a metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) orienta que:

- o tema de cada projeto que será apresentado no dia do evento seja escolhido pelos alunos juntamente com seus respectivos professores orientadores;
- os projetos sejam elaborados com ênfase na investigação de dilemas relacionados com problemas do mundo real e significativos para os alunos. Ou seja, que sejam desenvolvidos projetos realistas e autênticos, baseados em questões do cotidiano;
- os projetos sejam capazes de despertar o interesse dos alunos de maneira envolvente e comprometida;
- os projetos estimulem os alunos a atuarem em equipe e a buscarem o conhecimento de conteúdos acadêmicos, adquirindo algumas habilidades para usar as inovações tecnológicas em benefício da resolução das situações-problema.

Objetivos

O objetivo primeiro não está relacionado à aprendizagem de um conteúdo em específico, mas sim no desenvolvimento de habilidades através de atividades/tarefas diversificadas e da aprendizagem de conteúdos constantes nos temas dos projetos. Mediante o exposto, seguem os objetivos:

- Estimular a autonomia dos alunos no processo ensino-aprendizagem;
- Mudar a concepção de que a aprendizagem só acontece por exposição dialogada;
- Promover uma melhor interação entre os alunos e entre os alunos e os professores;
- Propiciar uma aprendizagem pautada na discussão de ideias e que estimule o desenvolvimento de habilidades;
- Promover a troca de experiências e ideias.

REGULAMENTO

É com muita satisfação que o nosso Colégio apresenta a todos do corpo docente e discente o regulamento que visa ao melhor funcionamento da nossa

Feira. O público de nossa escola é diversificado e apresenta variadas aptidões, apoiando-se nessa realidade, propõe-se que os alunos fiquem a vontade para escolherem o tema do projeto que queiram desenvolver.

1. DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Todas as pessoas, que participarem de qualquer forma do evento, estarão sujeitas às condições deste Regulamento. Não serão aceitas alegações de desconhecimento deste documento, já que será dada a necessária e suficiente publicidade ao mesmo, com o apoio imperioso das equipes.

2. DOS PARTICIPANTES:

Poderão participar da Feira todos os alunos, regularmente matriculados entre o 6º Ano do Ensino Fundamental II e o 3º Ano do Ensino Médio, mediante preenchimento da ficha de inscrição.

Para cada turma deverão ser formadas no mínimo quatro (4) equipes; Cada equipe deverá nomear um (1) aluno que irá atuar como líder de equipe. Este será responsável por:

- a) direcionar a equipe para um melhor desenvolvimento dos trabalhos;
- b) participar das reuniões, quando convocados pela comissão organizadora.
- c) criar um grupo no *Whatsapp* com todos os integrantes da equipe e o professor orientador.

3. DA INSCRIÇÃO

3.1- A ficha de inscrição deverá ser devidamente preenchida com a comissão organizadora entre os dias __/__/__ e __/__/__;

3.2- Cada equipe deverá conter no máximo 08 alunos, visando a uma maior integração das turmas e ao equilíbrio das atividades no evento.

4. DAS OBRIGAÇÕES DAS EQUIPES E ORIENTADORES

4.1- Cada equipe deverá escolher um professor para orientá-la no seu projeto.

4.2- Os Professores devem se mostrar prestativos para orientar as equipes que os convidaram.

4.3- O professor deve incentivar os alunos a participarem da Feira sugerindo temas quando houver necessidade e ajudando na elaboração dos projetos.

- 4.4- As equipes devem cumprir com êxito todas as atividades propostas em comum acordo para o sucesso do projeto.
- 4.5- Cabe ao professor orientador esclarecer aos alunos os métodos de avaliação que serão usados por ele, e quando for o caso, elaborar e aplicar questionários de auto avaliação.
- 4.6- No dia do evento, os alunos deverão chegar às 7h e os professores (que compõe o quadro de horário da presente data) também (7h se for o caso).
- 4.7- Caso o professor orientador não compareça no dia do evento, deverá pedir a outro professor que avalie a apresentação dos seus orientados.
- 4.8- Os estandes deverão estar montados até as 8h30 do dia do evento, momento em que será aberto o evento ao público. A equipe que atrasar perderá ponto.
- 4.9- Os alunos deverão montar estandes com cartazes, experimentos, fotografias, comidas... de forma a atrair a curiosidade dos visitantes e demais alunos.
- 4.10- Durante a apresentação dos trabalhos, os estandes não poderão ficar sem responsáveis. Sendo assim, os orientadores deverão organizar um revezamento, para que todos os alunos possam apreciar os trabalhos da Feira.
- 4.11- O Professor orientador deverá incentivar a presença de seus alunos no dia do evento.
- 4.12- O controle de presença dos alunos será de responsabilidade do professor orientador.
- 4.13- Cada equipe deverá apresentar um trabalho escrito com o resumo e desenvolvimento do trabalho.
- 4.14- Cada equipe poderá usar no máximo 3 carteiras e 3 cadeiras. E após o encerramento do evento, os integrantes das equipes deverão guardar as carteiras e cadeiras nos seus devidos lugares.
- 4.15- Caberá às equipes providenciar tendas, organizar e ornamentar seus trabalhos.

5. DA AVALIAÇÃO

O professor orientador deverá realizar a avaliação ao longo de todo o desenvolvimento do trabalho, atentando às especificidades de cada aluno e fazendo ponderações e inserções para que o trabalho se desenvolva da melhor forma possível. Além da avaliação contínua, ao final da Feira o professor orienta-

dor finalizará a avaliação do projeto através dos seguintes instrumentos e observações:

- Questionário de auto avaliação de cada aluno.
- Resumo e desenvolvimento do trabalho.
- Artefatos produzidos pelos alunos.
- Cumprimento das questões propostas nos projetos.
- Avaliação da aprendizagem dos conteúdos presentes nos projetos.
- Valor educacional do projeto.
- Impacto da apresentação.

6. DA PONTUAÇÃO

6.1- A nota atribuída aos projetos será de zero a ___ pontos (0 a ___).

6.2- Caberá ao professor orientador avaliar seus orientados.

6.3- Ao aluno que não participar será atribuído nota zero (0).

Apêndice B – Panfletos confeccionados pelos alunos da escola 1

Apresentamos aqui os panfletos (artefatos) confeccionados pelos alunos da escola 1.

B1. Panfleto ‘O uso de Películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz solar’

Como os tipos de vidros e películas interferem na luz solar?

Alguns tipos de vidros juntamente com películas são usados para impedir a passagem da luz e do calor solar. Existem variados tipos de vidros e películas para fazerem esse trabalho. Por exemplo, o vidro fumê: usado em carros e casas para impedir a entrada de parte da luz.

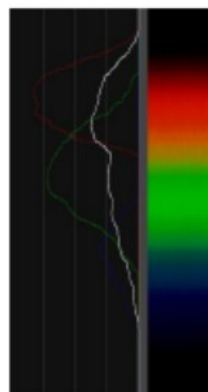


Para saber como os vidros e as películas influenciam na qualidade e na quantidade de luz que os atravessa, foi utilizado um espectrômetro e um luxímetro. E a fonte de luz utilizada foi uma lâmpada halógena de 70W.

Confira as medições!



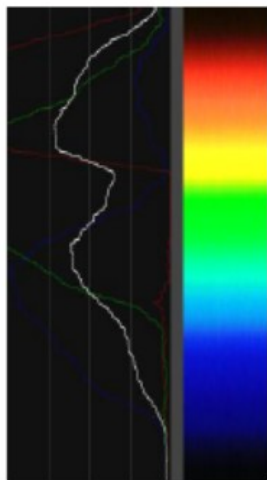
*Espectro da luz ao atravessar o vidro float (liso) sem película.
Luminosidade: 911 lux*



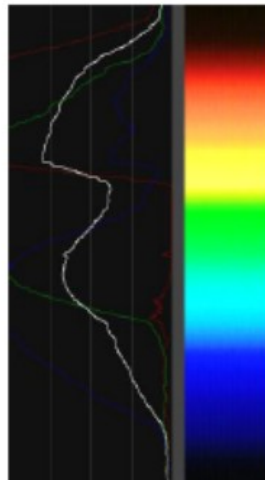
*Espectro da luz ao atravessar o vidro float (liso) com película branca.
Luminosidade: 153 lux*

Este tipo de película garante a privacidade do ambiente, porém absorve cerca de 83 % da luz, o que gera um gasto maior de energia elétrica com iluminação artificial (lâmpadas) durante o dia.

Boas escolhas para quem quer privacidade no ambiente e aproveitar a luz solar são o vidro jateado e o vidro float (liso) com película fosca. Confira!



Espectro da luz ao atravessar o vidro jateado. Luminosidade: 990 lux



Espectro da luz ao atravessar o vidro float (liso) com película fosca. Luminosidade: 998 lux

O vidro jateado e o vidro float (liso) com película fosca, além de não interferirem na qualidade da luz que os atravessam, garantem uma melhor privacidade no ambiente e proporcionam um melhor aproveitamento da luz Solar, pois aumentam em 8,7 % e 9,5 % a transmissão dessa.

➤ Fique atento a esses dados para não errar na hora da escolha!"

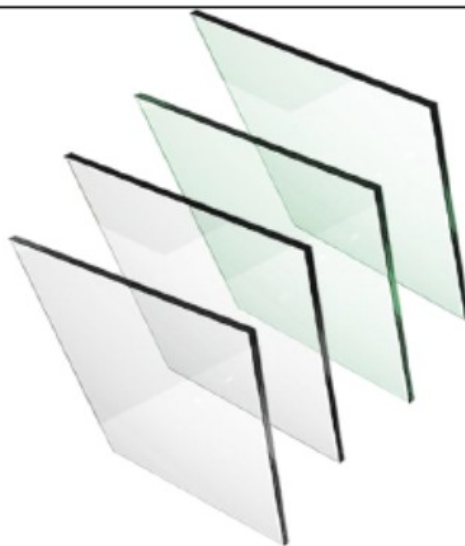
Se ligal

Vidros e películas podem ser usados de diferentes maneiras e com as seguintes finalidades:

- Melhor aproveitamento da luz solar, gerando economia de energia;
- Controle de calor no ambiente;
- Controle de luminosidade;
- Privacidade no ambiente.

Todos esses tópicos citados oferecem um melhor conforto e bem-estar para um ambiente onde pessoas frequentam diariamente!

O uso de películas e de diferentes tipos de vidros para um aproveitamento mais adequado e eficiente da luz Solar



B2. Panfleto ‘Descubra qual é a sua melhor opção de lâmpada!’

LÂMPADAS: Custo X Luminosidade
 O gráfico faz um comparativo entre o custo (azul) e a luminosidade (vermelho) proporcionada pelas lâmpadas descritas. O custo foi calculado considerando um tempo de uso diário de 6h num período de 30 dias e adotando R\$ 0,40 como sendo o preço médio do kWh em Natividade/RJ. E a luminosidade foi medida, em Lux, obedecendo às mesmas condições e a título de comparação.

Lâmpada	Custo (R\$)	Luminosidade (10 ⁴ lux)
Led (6W)	0,43	0,433
Fluorescente (15W)	0,64	1,08
Halógena (70 W)	5,04	0,724
Incandescente (40 W)	2,88	0,414

LÂMPADA FLUORESCENTE
 POTÊNCIA: 15 W

LÂMPADA LED
 POTÊNCIA: 6 W

LÂMPADA HALÓGENA
 POTÊNCIA : 70 W

LÂMPADA INCANDESCENTE
 POTÊNCIA: 40 W

Qual lâmpada melhor atende nossas necessidades visuais?

Pesquisas sugerem que alterando o espectro da luz, os níveis de iluminação podem ser reduzidos sem comprometimento da performance visual.

O olho é um sistema de percepção de luz formado por um agente fotorreceptor (retina) e um obturador (pupila). A retina é composta de dois tipos de fotorreceptores: cones e bastonetes. Os cones localizam-se na região central do campo visual, estão associados com a visão diurna, colorida, e com a percepção dos detalhes finos, enquanto os bastonetes localizam-se na periferia do campo visual e estão associados à visão noturna. Podemos dizer que os cones são ativos em níveis de alta luminosidade e os bastonetes ativos em baixa luminosidade, ou seja, cones e bastonetes possuem respostas ou sensibilidades espectrais diferentes, definidas, respectivamente, como visão fotópica e visão escotópica.

O espectro de cada lâmpada...

As figuras mostram como é a emissão de radiação eletromagnética por quatro tipos de lâmpadas, a Fluorescente, a LED, a Halógena e a Incandescente. As áreas marcadas em branco são proporcionais à intensidade da energia liberada pela lâmpada. As linhas cinzas mostram a sensibilidade do olho humano aos diferentes comprimentos de onda.

SAIBA MAIS...

Funcionamento das lâmpadas

Incandescente – Quando acionamos um interruptor, a corrente elétrica passa pela lâmpada através de duas gotas de solda de prata que se encontram na parte inferior, e em seguida, ao longo de fios de cobre que se acham firmemente fixados dentro de uma coluna de vidro. Entre duas extremidades dos fios de cobre estende-se um outro fio muito fino chamado de filamento. Quando a corrente passa por esse último, torna-o incandescente, produzindo luz.

Fluorescente - Funcionam de forma parecida aos tubos de gás neon, possuem um par de eletrodos em cada extremo. O tubo de vidro é coberto com um material à base de fósforo. Este, quando excitado pela radiação ultravioleta gerada pela ionização dos gases, produz luz visível.

LED - Diferente das lâmpadas comuns, as lâmpadas LED não possuem filamentos, por não produzem tanto calor quanto as outras que usam esse filamento, elas duram mais. Por dentro dessa lâmpada existe uma fita de LED que produz luz quando por ela é percorrido uma energia elétrica.

A lâmpada LED produz um espectro mais absorvível pelos nossos olhos, por isso ela contribui melhor para nossa visão, ou seja, ilumina mais o ambiente aos olhos humanos.

Halógena - A lâmpada halógena tem um filamento de tungstênio semelhante ao da incandescente padrão, mas é muito menor pela mesma potência (W) e contém um gás halogênio na lâmpada.

O bulbo é feito de vidro de quartzo fundido, sílica ou aluminossilicato.

Onde usar cada tipo de lâmpada

- Nos quartos, as lâmpadas LED e incandescentes com luz branca são mais apropriadas.
- No Banheiro, incandescentes ou fluorescentes.
- No Escritório Fluorescentes tubulares ou LED tubular.
- Na Sala, fluorescentes compactas, pois são cômodos de maior permanência, pois têm uma iluminação geral e maior.

Quer economizar? Use tintas mais claras.

A iluminação do ambiente depende da potência da lâmpada e da cor das paredes. Uma parede escura necessita de uma lâmpada de maior potência. Na parede mais clara, a potência da lâmpada poderá ser menor, logo, influenciando também, no consumo de energia.

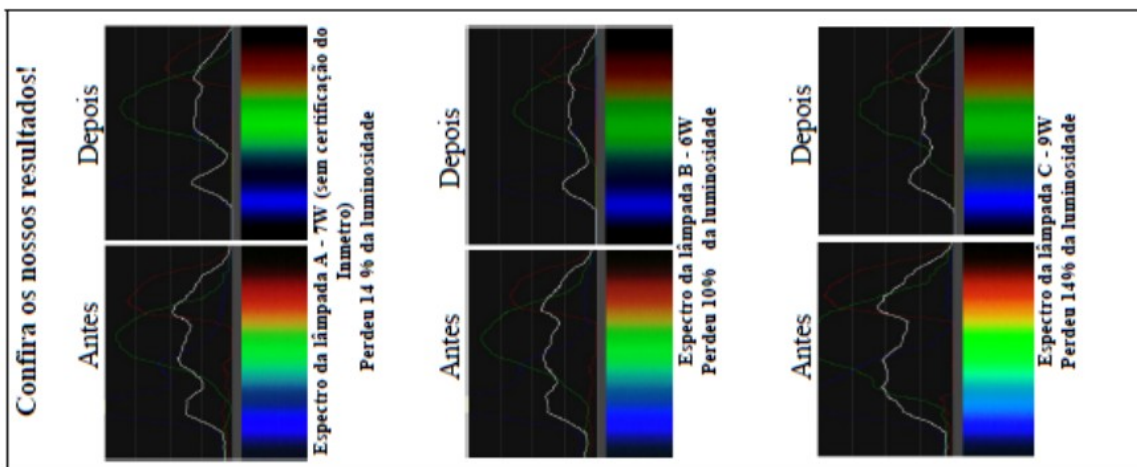
Curiosidades

- A lâmpada incandescente produz mais calor do que energia, portanto sua temperatura se eleva mais do que a das outras, fazendo com que ela fique mais quente.
- As lâmpadas INCANDESCENTE e HALÓGENA produzem mais calor do que luz, sendo 96% de calor e 4% de luz.
- A lâmpada fluorescente gera 80 % de calor, e 20 % é luz.
- A lâmpada LED praticamente não emite calor, então a maior parte da energia elétrica por ela consumida é convertida em luz.

Descubra qual é a sua melhor opção de lâmpada!



B3. Panfleto 'Lâmpadas LED'



prepararam o caminho para uma utilização de LED na iluminação geral em grande escala. Nos próximos 20 anos, os LED substituirão a maior parte das lâmpadas convencionais, abrindo o caminho para uma poupança significativa de eletricidade e trarão soluções de iluminação acessíveis a regiões menos desenvolvidas do mundo. Podem assim contribuir para uma gestão energética mais sustentável e uma distribuição de recursos mais justa no futuro.

Lâmpadas LED

- Será que você realmente está economizando ao escolher a lâmpada LED?
- Será que ela realmente tem a durabilidade registrada nas embalagens?

Para responder a essas perguntas testamos três lâmpadas LED de marcas e potências diferentes, as quais nomeamos de lâmpadas A, B e C, sendo que a lâmpada "A" não tem a certificação do Inmetro.

Fizemos duas medições: uma no dia 17/04/18 e a outra após vinte dias de uso consecutivo das lâmpadas ligadas 24 h por dia. O teste foi realizado utilizando um espectrômetro e um luxímetro.

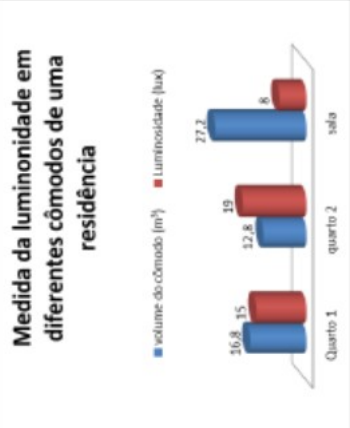
Conhecendo o LED

Os diodos emissores de luz LED são fontes de luz baseados em materiais semicondutores, que apresentam uma elevada eficiência, longo tempo de vida e elevada robustez. O desenvolvimento, nos últimos 20 anos, de LED azuis muito eficientes, abriu a possibilidade de utilizar estes dispositivos na geração da designada luz branca, os "LED brancos", que já começaram a entrar nas nossas casas e que vão certamente revolucionar as tecnologias de iluminação nos próximos anos.

A utilização de "LED brancos" centrou-se até recentemente em aplicações de nicho, como a retro iluminação de ecrãs em monitores, televisões e telemóveis, nos faróis de automóveis ou ainda em semáforos, onde o pequeno tamanho e a robustez, em combinação com uma intensidade elevada, apresentam vantagens óbvias comparativamente a outras fontes de luz.

A queda dos preços na produção de LED nos últimos anos, o aumento significativo da sua emissão de luz por watt, em conjunto com os preços elevados de eletricidade e um aumento da consciência do público e dos governos perante problemas de sustentabilidade energética,

Saiba como economizar ainda mais!



Os dados do gráfico foram obtidos usando uma trena para medir as dimensões dos cômodos e posteriormente calcular seus respectivos volumes, e o luxímetro, aplicativo instalado no celular que mede a luminosidade do ambiente. Em todos os cômodos foi utilizada a lâmpada LED de 9 W de potência.

Mediante os dados obtidos, concluímos que para cômodos menores pode-se utilizar lâmpadas menos potentes, o que contribui para a economia de energia elétrica e também para um melhor bem estar dos nossos olhos.

Luminosidade com economia de energia, adote essa ideia!

A partir dos dados obtidos percebemos que houve uma alteração no espectro da luz emitida e uma redução na luminosidade proporcionada.

Com relação à economia, estatísticas indicam que a lâmpada LED é a mais econômica.

Confira a tabela!

TIPO DE LÂMPADA	WATT (W)	CONSUMO (kWh)	TEMPO DE VIDA (horas)	TEMPO DE VIDA (meses)	TEMPO DE VIDA (anos)	TEMPO DE VIDA (décadas)
LED	9	0,081	10.000	1,1	1,3	1,6
Incandescente	40	0,324	1.000	0,11	0,13	0,16
Fluorescente compacta	15	0,121	8.000	0,9	1,1	1,4

Os dados da tabela indicam que a lâmpada LED é a mais econômica, pois em 6 meses (ligada 12 h por dia) foi a que teve o menor consumo de energia. O custo foi calculado com o preço do kWh de R\$0,51.

Lâmpadas LED

B4. Panfleto 'Telas LED - O que precisamos saber!'

Luzes de celular e de computador podem causar danos irreversíveis à visão.

Nos dias de hoje, é praticamente impossível passar o dia sem olhar a tela da televisão, do computador ou do celular. Um estudo realizado pela Millward Brown Brasil e NetQuest em 2016 revelou que o brasileiro gasta mais de três horas por dia de frente para o celular. E o uso excessivo desses aparelhos tem aumentado a incidência de problemas de visão. Alguns especialistas aconselham uso moderado dos aparelhos e proteção com lentes fotossensíveis.

Os primeiros sintomas de problemas relacionados a este tipo de luminosidade não se manifestam de imediato. Segundo a especialista, é impossível perceber anomalias a curto prazo, mas qualquer sinal de fadiga visual, sensação de olhos secos, irritação ocular e até coceira, deve ser avaliado clinicamente.

Vice-presidente do Conselho Brasileiro de Oftalmologia, José Augusto Alves Ottaiano explica que piscamos menos quando estamos em contato com a tela de computadores ou celulares, além de exercermos maior pressão para que a visão esteja focada.

A seguir o especialista ainda dá algumas dicas para minimizar o impacto da luz:

- Para quem trabalha em escritório, por exemplo, o ideal é que o computador esteja sempre no mesmo nível do olhar. Caso esteja acima, a musculatura ocular demora mais tempo para renovar a superfície lacrimal, deixando o olho desidratado.

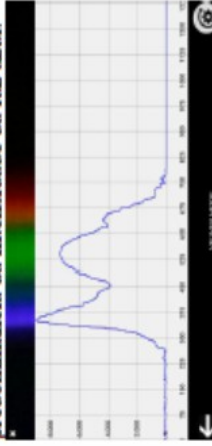
- Além disso, não se deve prolongar a permanência em frente à tela. Pausas a cada duas horas ajudam a evitar maiores complicações.

- Ar-condicionado também desidrata os olhos e amplia os problemas causados pela luminosidade, especialmente em ambientes menores como o interior do carro.

- É importante lembrar de ajustar as configurações de cada tela para que o brilho se regule de acordo com a luminosidade do local. Ambientes escuros não precisam de um alto brilho no display do celular. (O ESTADO DE S. PAULO, 2017)

Leia para obter mais informações sobre o que faz bem e o que faz mal em relação à luz azul.

Medimos o espectro da luz emitida por um celular e observamos uma predominância da intensidade da luz azul.



Espectro visível

A luz que atinge e entra no olho humano é dividida em luz visível, incluindo comprimentos de onda de 380 (Violeta a 780 nm (vermelho)), e luz não visível, que inclui luz no alcance ultravioleta (luz UV) e alcance infravermelho (luz IR). Há algum tempo especialistas têm conhecimento que a luz UV pode danificar potencialmente

o tecido biológico, como nossa pele e nossos olhos. E por isso que as pessoas normalmente tomam precauções para proteger-se do sol usando itens como protetor solar ou um par de óculos escuros.

No entanto, a luz azul violeta visível também tem o potencial de causar danos aos nossos olhos. Embora a luz azul violeta tenha menos energia do que a luz ultravioleta, é quase inteiramente não filtrada ao passar pelo olho e atinge a retina. Por outro lado, a luz ultravioleta é quase inteiramente absorvida pela parte frontal do olho e significativamente menos do que 5% dela alcança a retina

Aspectos benéficos da luz azul

A luz faz mais do que apenas nos ajudar a enxergar, também é um importante meio de regular nossos ritmos biológicos e afeta nosso bem-estar geral. A luz influencia se estamos ou não acordados, concentrados e produtivos e se nos sentimos energizados e saudáveis.

A luz, em particular a luz azul, que alcança a retina, também afeta nosso bem estar psicológico. E por isso que a terapia da luz é usada com sucesso para tratar a depressão de inverno e a insônia. Mas, como é frequentemente o caso, o ensinamento "tudo com moderação" ainda se aplica. A exposição a muita luz também carrega certos riscos e também pode ser prejudicial.

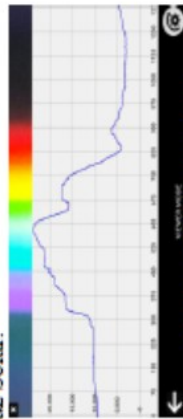
Efeitos prejudiciais da luz azul

Excesso de luz nas faixas ultravioleta e azul violeta pode causar lesões no olho humano. Além de causar inflamação dolorosa da conjuntiva e da córnea, ela pode produzir lesões

no cristalino do olho (p. ex.: catarata) e, sobretudo, na retina (degeneração macular).

O mundo moderno: fontes de luz com alta proporção de luz azul

De diodos emissores de luz (LEDs) e lâmpadas de xénon às lâmpadas de baixo consumo e à radiação eletromagnética de telas, todas as “novas fontes de luz” criadas para melhorar e facilitar a nossa vida contém uma proporção mais alta de luz azul do que as lâmpadas tradicionais. A composição diferente do espectro de luz significa que somos expostos a uma quantidade significativamente maior de luz azul do que éramos anteriormente, como a luz Solar.



Espectro da luz emitida pelo Sol

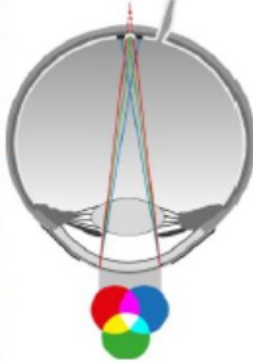
Isso pode surtir um efeito prejudicial sobre a nossa visão.

Lentes de óculos claras com filtro para luz azul

Faz sentido que as lentes de óculos claras não requeram proteção UV se forem usadas principalmente em ambientes internos. Contudo, é possível obter lentes com filtro de luz azul, como as que utilizam o revestimento DuraVision® Blue Protect. Por que fazer isso?

A radiação de luz azul de fontes de luz ou telas pode irritar ou cansar os olhos de algumas pessoas. Um filtro azul

pode dar mais nitidez à visão de algumas pessoas: os diversos comprimentos de luz visível são refratados pela córnea e pelo cristalino de maneiras ligeiramente diferentes, de modo que nem todos eles atingem o mesmo ponto focal na retina.



Como os serviços digitais estão mudando nossa visão

Tablets, smartphones e outras telas digitais não estão mudando somente o espectro de luz a que estamos expostos – também estão mudando nosso comportamento visual. É importante reconhecer que estamos passando mais tempo olhando as coisas “de perto” do que fazíamos antes. Isso muitas vezes se deve ao brilho de fundo ser muito baixo. E até as crianças apresentam esse problema: a “miopia escolar” está relacionada ao aumento da propensão das crianças de ter miopia assim que entram na escola.

Fique ligado!

Quando for usar seu notebook, tablet ou smartphone não se esqueça de expor seus olhos a um nível de brilho suficiente, sem deixar de protegê-los adequadamente contra o excesso de luz UV e azul violeta.

Telas LED
O que precisamos
saber!

