




Gustavo Almeida e Silva

**Fluorescência: Uma
Abordagem para o Ensino de
Física Moderna e Contemporânea
no Ensino Médio**


Ano 2020

The background of the top half of the cover features a grayscale image of a book cover. The book cover has a dark background with several mathematical formulas in a light, serif font. The formulas are:
$$N(t) = N_0 \exp(-t/\tau)$$
$$E = h\nu$$
$$dN(t)/dt$$

Gustavo Almeida e Silva

**Fluorescência: Uma
Abordagem para o Ensino de
Física Moderna e Contemporânea
no Ensino Médio**

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
S586f	<p>Silva, Gustavo Almeida e. Fluorescência [recurso eletrônico] : uma abordagem para o ensino de física moderna e contemporânea no ensino médio / Gustavo Almeida e Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-061-2 DOI 10.22533/at.ed.612202705</p> <p>1. Física – Estudo e ensino. 2. Prática de ensino. I. Título. CDD 520</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

A todos os injustiçados sociais.

A todos que, de alguma forma, sofrem da estupidez do preconceito.

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A esta Universidade, seu corpo docente, direção e administração.

Agradeço ao professor Dr. Eduardo Sérgio de Souza pela orientação, apoio e confiança.

Aos amigos da turma por todos os momentos bons e ruins que passamos durante todo o mestrado. Em especial ao grande amigo Douglas Xavier de Andrade pela amizade desde a época de graduação.

A CAPES pelo suporte financeiro.

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar,

Não seremos capazes de resolver os problemas

Causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

(Albert Einstein)

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
INTRODUÇÃO	3
CAPÍTULO 2	15
O Fenômeno Da Fluorescência	
CAPÍTULO 3	20
Metodologia	
CAPÍTULO 4	35
Apresentação e Análise dos Resultados	
CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICES	48
SOBRE O AUTOR	69

FLUORESCÊNCIA: UMA ABORDAGEM PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

A Física Moderna e Contemporânea (FMC) tem despertado enorme interesse nos jovens ao abordar temas relacionados aos constantes avanços científicos. O ensino de Física no Ensino Médio não vem acompanhando esse desenvolvimento de forma satisfatória, isso prejudica a formação do aluno no que diz respeito, principalmente, à alfabetização científica e na percepção da relação do cotidiano com a Física. Portanto se faz necessário a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio. Existem documentos oficiais que orientam e regulamentam o ensino de Física, reforçando a importância da Física Moderna e Contemporânea em aulas do Ensino Médio. Sendo assim, nosso trabalho teve como finalidade ensinar Física Moderna e Contemporânea através do fenômeno de fluorescência. Para tanto foi elaborado uma sequência didática em forma de Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para trabalhar conceitos de FMC, assim como a elaboração de material didático destinado ao aluno contendo o suporte teórico sobre os temas tratados, e ainda, o desenvolvimento e aplicação de experimentos envolvendo o fenômeno de fluorescência. Dessa forma Apresentamos uma análise qualitativa das impressões dos estudantes de 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública sobre uma intervenção, utilizando Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), buscando uma aprendizagem significativa no ensino de Física Moderna e Contemporânea. Observamos que os estudantes se apropriaram de conceitos científicos referentes à quantização da energia, níveis de energia, transições eletrônicas, entre outros. Conseguiram elaborar discursos coerentes sobre o tema tratado. Foi possível perceber a importância da utilização de experimentos como abordagem didática no ensino médio, assim como a necessidade da introdução de temas de FMC. Observou-se a potencialidade do material didático destinado ao aluno pelos resultados obtidos. Conclui-se que o ensino de FMC de forma contextualizada com o cotidiano do aluno junto com o uso adequado de experimentos contribui de forma significativa para a aprendizagem do aluno.

PALAVRAS-CHAVE: Fluorescência, Física Moderna, Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, Ensino Médio

FLUORESCENCE: AN APPROACH TO THE TEACHING OF MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS IN HIGH SCHOOL

Modern and Contemporary Physics has aroused enormous interest on young people because it brings topics related to scientific advances. On the other hand, the teaching of Physics in Secondary School is not following these advances in a satisfactory way, this impairs the student education in respect to the scientific literacy and their perception of daily relation with Physics. Therefore it becomes necessary the insertion of topics of Modern and Contemporary Physics (FMC) in high school. There are official documents that guide and regulate the Physics teaching, reinforcing the importance of Modern and Contemporary Physics in classes of High School. Thus, the aim of our work was to teach Modern and Contemporary Physics by using the phenomenon of fluorescence. For that, a didactic sequence, in the form of Potentially Meaningful Teaching Units (LIFO), was developed to work the concepts of FMC, as well as the elaboration of a lecture note for the students, with the theoretical support of the subjects treated, and also proposals of experiments involving the phenomenon of fluorescence. In this way, we present a qualitative analysis of the impressions of high school students of a public school about the intervention, using Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU), seeking a meaningful learning in the teaching of Modern and Contemporary Physics. We observed that the students meaningfully learned scientific concepts related to quantization of energy, energy levels, electronic transitions, and many others. They have been able to formulate coherent speeches on the subject. It was possible to perceive the importance of the use of experiments as a didactic approach in secondary education, as well as the need to introduce modern and contemporary physics themes. It was observed the potential of the lecture note and it was concluded that the teaching of FMC contextualized with the daily life of the student combined with the appropriate use of experiments contributes significantly to the student's learning.

KEYWORDS: Fluorescence, Modern Physics, Potentially Significant Teaching Units, High School

1.1. Física Moderna no Ensino Médio

A Física Moderna e Contemporânea (FMC) tem despertado enorme interesse nos jovens ao abordar temas relacionados aos constantes avanços científicos e tecnológicos tais como teoria da relatividade, teoria quântica, supercondutividade, astrofísica, cosmologia, entre outros. O ensino de Física no Ensino Médio não vem acompanhando esse desenvolvimento de forma satisfatória. Isso prejudica a formação do aluno no que diz respeito, principalmente, à alfabetização científica e na percepção da relação do cotidiano com a Física. (DOMINGUINI, 2012; OLIVEIRA, 2008)

Normalmente a Física, em termos de Ensino Médio, é dividida em temas que abrangem: Mecânica, Termologia, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo. São conteúdos essenciais, necessários para a formação científica, porém não suficiente, pois foram assuntos desenvolvidos e/ou estabelecidos entre os séculos XVI e XX e, portanto, defasados em relação ao conhecimento científico atual. (TERRAZZAN, 1992; PEREIRA, 1997; PAULO, 1997; VALADARES; MOREIRA, 1998). A formação do aluno deve estar contextualizada com o seu cotidiano. Segundo Terrazzan (1992, p.210) “Aparelhos e artefatos atuais, bem como fenômenos cotidianos em uma quantidade muito grande, somente são compreendidos se alguns conceitos estabelecidos a partir da virada deste século forem utilizados.”

É notável a necessidade de abordar conteúdos de Física Moderna no Ensino Médio. Poderia justificar-se somente pela influência destes conteúdos para o entendimento do mundo moderno criado pelo homem atual, assim como a inserção participativa do indivíduo neste mesmo mundo. (TERRAZZAN, 1992)

Percebe-se que, de forma acelerada, a população se vê cercada por uma vasta diversidade de equipamentos tecnológicos. O ensino de Física deve contribuir para com a formação do indivíduo, proporcionando-lhe tomar decisões junto à sociedade em relação à tecnologia. Reforçando essa ideia:

Torna-se cada vez mais necessário que a população possa, além de ter acesso às informações sobre o desenvolvimento científico-tecnológico, ter também condições de avaliar e participar das decisões que venham a atingir o meio onde vive. (PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p. 72).

As aulas de física devem ser, para o aluno, um momento em que o aprendizado lhe possibilite enfrentar problemas propostos cotidianamente, tanto na área das Ciências Naturais, quanto nas suas atividades sociais.

Ostermann e Moreira (2000, p. 24), em uma revisão bibliográfica sobre a atualização do currículo de Física no Ensino Médio, apontam algumas razões para a inserção de Física Moderna e Contemporânea na escola média:

- Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- Os estudantes não tem contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
- Proteger o aluno do obscurantismo e das pseudociências;
- Para que o aluno possa localizar corretamente o ser humano na escala temporal e espacial da natureza;
- FMC possui múltiplas e evidentes consequências tecnológicas;
- Pela sua beleza, pelo prazer do conhecimento, porque é uma parte inseparável da cultura, porque o saber nos faz livres e valoriza a humanidade.

1.2. Proposta dos Documentos Oficiais

Existem documentos que orientam e regulamentam o ensino de Física no Ensino Médio, os principais são: Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN), Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+), as Leis de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Os PCN estabelecem que a formação do aluno promova a compreensão de fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos.

Isso significa que o Ensino Médio passa a integrar a etapa do processo educacional que a Nação considera básica para o exercício da cidadania, base para o acesso às atividades produtivas [...], ou seja, que tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores (BRASIL, 2000, p.9).

Os PCN trabalham com a necessidade da formação crítica do aluno, integrado na sociedade de forma consciente, capaz de tomar decisões em relação ao meio em que vive. Dessa forma é preciso criar condição para o aluno ter acesso ao conhecimento necessário para exercer a cidadania. O ensino de Física deve

promover um conhecimento contextualizado e integrado à vida do jovem.

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação [...] É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional. (BRASIL, 2000, p.22)

Percebe-se que o ensino de Física deve proporcionar a compreensão e utilização do conhecimento científico para explicar o funcionamento do mundo, avaliando, planejando e executando intervenções na sociedade.

Os PCN+ indicam que a Física deve ser ensinada de maneira a propiciar aos estudantes a formação de um cidadão contemporâneo, com conhecimento suficiente para compreender, intervir e participar da realidade. “Trata-se de construir uma visão da Física que seja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.” (BRASIL, 2002, p.1).

Para se situar no mundo moderno é necessária a compreensão dos atuais meios de comunicação e informação, de tecnologias baseadas na utilização de radiação e nanotecnologia, da compreensão na estrutura básica da matéria, no entendimento de fenômenos naturais (BRASIL, 2002, p.26). Estudar esses mecanismos significa propiciar competências para compreender, interpretar e lidar de forma adequada com aparatos tecnológicos e fenômenos naturais. Para a compreensão de tecnologias modernas e contemporâneas é indispensável o uso da Física Moderna. Nesse sentido faz-se necessário o trabalho com Física Moderna, como indicado nos PCN+ (BRASIL, 2002, p.19).

Abordar Física Moderna e Contemporânea contribui significativamente para a formação adequada do aluno proposta pelos PCN e PCN+. Os documentos apresentam algumas considerações que ilustram a direção desejada no trabalho com a Física Moderna:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma a que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes em utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. (BRASIL, 2002, p.19)

Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio apontam que as

competências em Física Moderna e Contemporânea devem ocorrer ao longo de todo o curso, tópico a tópico, como um desdobramento de outros conhecimentos. Não devem ser trabalhadas necessariamente ao final do curso depois de esgotada as competências de Física Clássica.

A BNCC define quais os conhecimentos essenciais do ensino fundamental e médio que todos os estudantes do Brasil devem ter acesso durante toda sua formação básica. É uma importante ferramenta de gestão pedagógica para elaboração do currículo de cada escola em território Nacional. Com relação ao Ensino de Física fica claro que os conteúdos devem estar relacionados com problemas reais, inseridos no cotidiano do aluno.

O conhecimento físico na forma de leis, conceitos, grandezas e relações matemáticas só ganha significado se utilizado em problemáticas reais, tornando-se, assim, um instrumento de participação mais consciente e consistente na sociedade, propiciando, por exemplo, avaliar os efeitos biológicos da radiação em um exame de radiografia ou tomografia, o uso de diferentes fontes de energia elétrica e seus efeitos ambiental e socioeconômico ou mesmo compreender o funcionamento de eletrodomésticos e os cuidados que devem ser tomados em sua instalação e utilização. (BRASIL, 2016, p.205)

Entre os diversos campos de conhecimento estabelecidos pela BNCC percebe-se a presença de vários temas de Física Moderna e Contemporânea.

A constituição submicroscópica da matéria é investigada, a partir da sistematização das radiações eletromagnéticas, como gama, ou corpusculares como alfa, beta e gama, cuja análise revela a estrutura do núcleo atômico, com atenção também para a sucessão histórica de modelos para a composição infinitesimal das substâncias. O emprego das radiações em aplicações diagnósticas e terapêuticas, na produção de energia ou em artefatos bélicos dá contexto para se compreender fissão e fusão nuclear, que serão fundantes para a astrofísica e cosmologia... (BRASIL, 2016, p. 217)

A inserção de temas de FMC, esbarra em uma problemática metodológica. Os documentos oficiais propõem que os conteúdos não sejam fragmentados, apenas com técnicas de resolução de exercícios, com pouca utilidade fora da escola, como podemos observar nos PCN:

O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, lei e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazio de significado. [...] Apresenta o conhecimento como um produto acabado, fruto da genialidade de mentes como a de Galileu, Newton ou Einstein, contribuindo para que os alunos concluam que não resta mais nenhum problema significativo a resolver. [...] impede o aprofundamento necessário e a instauração de um diálogo construtivo. (BRASIL, 2000, p.2)

O ensino de Física não deve ser reduzido simplesmente à memorização de fórmulas, conceitos e modelos. Deve buscar no aluno o espírito investigador, o desejo de se conhecer o mundo ao seu redor. A escola deve buscar o desenvolvimento da capacidade de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, ao invés do simples exercício de memorização. (BRASIL, 2000, p.5).

As dificuldades existentes na inserção de Física Moderna e Contemporânea nas aulas do Ensino Médio são várias. Destaca-se, pelos próprios documentos oficiais, a falta de material didático que incluem temas de FMC, ou quando inclusos, são tratados de forma extremamente superficial. De maneira geral, os livros didáticos de Física do Ensino Médio enfatizam a resolução de problemas concentrados em exercícios meramente matemáticos, o que gera prejuízos para o ensino de todas as áreas da Física, inclusive no ensino de FMC.

No entanto, neles a ênfase recai nos aspectos quantitativos em prejuízo dos qualitativos e conceituais, privilegiando a resolução de “problemas de Física” que se traduzem em aplicações de fórmulas matemáticas e contribuem para consolidar uma metodologia de ensino concentrada na resolução de exercícios matemáticos. Isso porque, esses livros, salvo raras exceções, reproduzem os livros utilizados nos cursos de graduação, responsáveis pela formação inicial da maioria dos docentes de Física. (BRASIL, 2008, p.63)

O material didático não deve ditar o trabalho pedagógico do professor, deve-se ir além das possibilidades apresentadas pelo livro. Mas não se pode negar seu papel de auxiliar nas atividades do professor. A falta de material didático de qualidade, que proporcione uma formação ao aluno de acordo com os documentos oficiais, gera prejuízos no ensino de Física Moderna e Contemporânea.

Diante do que foi apresentado acima nota-se que a Física Moderna tem um papel crucial para a formação do aluno no âmbito científico, social e cultural. Ou seja, os documentos oficiais reforçam a importância da Física Moderna e Contemporânea em aulas do Ensino Médio.

1.3. Revisão da Literatura: Fluorescência no Ensino de Física

Com o objetivo de compreender as pesquisas que envolvem a aplicação do fenômeno de fluorescência no ensino de física, bem como de alguns temas a ele relacionados, analisamos vários artigos específicos da área de Ensino de Ciências utilizando o seguinte procedimento:

Realizamos uma pesquisa nas seguintes revistas: A Física na Escola, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, Ciência & Ensino, Ensaio, Revista Brasileira em Ensino de Física, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação

em Ciências. Foram utilizadas as seguintes palavras chaves: fluorescência, física moderna no ensino médio e espectroscopia.

Selecionamos para uma análise detalhada oito dos artigos encontrados. A seleção foi realizada com base na análise dos resumos. Os artigos selecionados estão compreendidos entre os anos de 2010 e 2016. Depois de selecionados os artigos, foi realizada a leitura completa de cada um deles para compreender quais as abordagens utilizadas para trabalhar os temas fluorescência e Espectroscopia. Segue abaixo a análise individual de cada artigo com suas características gerais.

1.3.1. Oficina temática: uma proposta metodológica para o ensino do modelo atômico de Bohr (SILVA et al, 2014)

Nesse artigo os autores trazem uma proposta de atividades experimentais que abordam a emissão de luz por saltos eletrônicos, objetivando relacionar modelo de Bohr com fenômenos do cotidiano do aluno. Foram utilizadas oficinas temáticas na tentativa de tratar o tema de forma inter-relacionada e contextualizada, utilizando os três momentos pedagógicos.

No primeiro momento foram levantadas situações problemas relacionadas com o tema fluorescência, fazendo com que o aluno sinta necessidade de adquirir conhecimento para responder aos questionamentos. O segundo momento trata do desenvolvimento da parte teórica necessária para resolver os problemas anteriormente levantados. Os temas trabalhados foram: Evolução do modelo atômico, modelo atômico de Bohr, incandescência, fluorescência e fosforescência. O terceiro momento trata da aplicação do conhecimento. Alguns experimentos simples foram realizados, sendo enfatizada a discussão de pulseiras luminescentes.

Utilizando o modelo atômico de Bohr explicou-se a emissão de luz de pulseiras luminosas que ocorre pelos fenômenos de fluorescência e fosforescência. Para análise qualitativa dos dados foi feita aplicação de um questionário.

1.3.2. Uma caixinha para estudo de Espectros (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2002)

O artigo propõe a confecção de um espectroscópio de baixo custo utilizando uma pequena caixa de papelão e um CD como rede de difração. O trabalho não é uma proposta de intervenção, apenas coloca algumas possibilidades para a utilização do espectroscópio: Discussão da natureza da luz, do desenvolvimento da física moderna e do modelo atômico.

1.3.3. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. (SILVA; MORAES, 2015)

O trabalho discute a introdução da física moderna do ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica. O tema utilizado para discutir modelo atômico foi a espectroscopia.

O foco do artigo é a construção de uma sequência didática que possibilite levar aos estudantes a relação que há entre os contextos políticos, sociais, artísticos, científicos, criando uma interlocução entre as disciplinas. Os resultados apontam que o estudo do tema espectroscopia, nas aulas de Física, é capaz de suscitar questões importantes ao estudo do modelo atômico desenvolvido nas aulas de Química. A escolha do tema espectroscopia foi devido ao fato de poder relacioná-lo diretamente com o estudo de modelo atômico.

Durante a intervenção foram realizadas onze aulas que foram gravadas em áudio e vídeo para uma posterior análise qualitativa. As aulas se concentraram na apresentação conceitual e teórica do tema. Em apenas uma das aulas os alunos tiveram contato com um espectroscópio de baixo custo, confeccionado pelos próprios alunos em casa e em grupos, segundo a orientação prévia do professor em sala de aula.

1.3.4. Desenvolvimento de um fluorímetro artesanal e propostas para sua aplicação nas aulas práticas de disciplina de Química analítica instrumental nos cursos de graduação. (OLIVEIRA et al, 2015)

A proposta do artigo é apresentar a construção de um fluorímetro para ser utilizado em aulas de graduação em química. Com a montagem do aparato possibilita-se a investigação do fenômeno de fluorescência de várias substâncias, onde o foco da investigação é a variação da fluorescência com a mudança de concentração da substância fluorescente.

Para a construção do experimento foram utilizados materiais eletrônicos de baixo custo e material de sucata. Basicamente consiste de um porta amostra confeccionado com tubo de PVC e detector de radiação fluorescente, formado por um fotoresistor tipo LDR (*Light Dependent Resistor*) ligado a um voltímetro, permitindo medir a variação de tensão relacionando com a variação de fluorescência. A amostra utilizada para medida de fluorescência foi a água tônica. Utilizou-se Ledes, ligado a uma bateria, como fonte de excitação da amostra.

1.3.5. Medidor de fluorescência caseiro. (SARTORI; LORETO, 2009)

O artigo explora a construção de um medidor de fluorescência que permite análise quantitativa do fenômeno. O medidor foi utilizado para exploração didática dos temas de níveis de energia, orbitais moleculares, interação entre radiação e moléculas orgânicas.

As amostras utilizadas foram a água tônica e água salgada combinada em diferentes proporções. O sistema de excitação consiste em um diodo de emissão luminosa (LED) com faixa de comprimento de onda situada próxima ao violeta.

O sistema de detecção do medidor utiliza um LDR acoplado a um multímetro, medindo a variação dos valores de resistência elétrica para o sinal de fluorescência de diferentes concentrações da amostra.

1.3.6. Uma montagem experimental para a medida de fluorescência (PAVONI et al., 2014)

A proposta desse trabalho é de uma montagem experimental para observação do fenômeno de fluorescência. A montagem, feita em laboratório de pesquisa, é mais complexa quando comparada às demais pesquisadas e foge da proposta de baixo custo. Todo artigo se concentra na construção do dispositivo.

1.3.7. Uma sugestão para a interação multidisciplinar: A observação do fenômeno da fluorescência. (PIMENTEL et al, 2014)

Propõe-se a observação do fenômeno de fluorescência presente em diversas situações cotidianas, com experimentos simples com a utilização da luz negra. Alguns exemplos são: Detecção da veracidade de cédulas de dinheiro, análise de dentes e unhas, refrigerantes, adesivos fluorescentes, entre outros.

1.3.8. Espectroscopia no infravermelho: Uma apresentação para o Ensino Médio (LEITE; PRADO, 2012)

O texto propõe a apresentação e discussão da identificação e caracterização de materiais através da espectroscopia no infravermelho. A proposta do texto é que o conteúdo seja trabalhado de forma teórica, onde as aplicações tecnológicas são apenas discutidas e não demonstradas.

Foi possível a identificação de vários pontos em comum em cada artigo analisado, de tal forma que a confecção artesanal (caseira) e de baixo custo de um espectroscópio foi o tema mais citado. O uso de CD/DVD para confeccionar a rede de difração é praticamente unânime entre os trabalhos.

Em relação à informação extraída dos experimentos encontramos, na maioria,

análise qualitativa dos espectros de emissão, de tal forma que se discute basicamente a mudança visual do aspecto da amostra após a interação com a radiação, ou seja, em nenhum dos trabalhos analisados foi feita a medida do espectro de emissão da amostra. Para dados quantitativos é necessária a utilização de detectores. A opção da utilização de um LDR para verificar a intensidade de fluorescência emitida seria o meio mais viável, pensando em um equipamento de baixo custo. Em relação ao conteúdo teórico trabalhado, os temas mais citados são: Interação da radiação com a matéria, modelo atômico de Bohr e transições energéticas. Temas que contemplam a física moderna.

Um ponto fundamental na discussão do fenômeno de fluorescência são as condições para a ocorrência do próprio fenômeno. Ao ser excitada com luz de comprimento de onda adequado a amostra emite fluorescência, caso contrário não há emissão. Nos experimentos dos artigos analisados não existe a demonstração de uma situação onde a amostra não sofre excitação pelo fato de ser iluminada com luz de comprimento de onda não adequado. Ou seja, seria interessante mostrar ao aluno que para a mesma amostra pode haver ou não a emissão de fluorescência, e que isso ocorre em função da fonte de excitação.

1.4. A importância do uso de experimentos como prática de ensino

É de conhecimento dos professores de Ciências em geral que a experimentação desperta um enorme interesse nos alunos em todos os níveis de escolarização. A utilização de experimentos didáticos como prática educacional, em laboratório ou mesmo em sala de aula, é uma importante ferramenta no ensino de Ciências, em particular no Ensino de Física.

A abordagem da ciência por meio de experimentos didáticos tem uma grande importância na aprendizagem dos estudantes, pois é, na prática, motivados por sua curiosidade, que os alunos buscam novas descobertas, questionam sobre diversos assuntos e, o mais importante, favorece uma aprendizagem mais significativa. (MORAES; JUNIOR, 2014, p. 62)

Galiazzi (2001) discutindo os objetivos das atividades experimentais aponta alguns motivos para a utilização dessas atividades como recursos didáticos no ensino de Física. São eles:

1. Estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados;
2. Promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;
3. Desenvolver habilidades manipulativas;
4. Treinar em resolução de problemas;

5. Adaptar as exigências das escolas;
6. Esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;
7. Verificar fatos e princípios estudados anteriormente;
8. Vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios;
9. Motivar e manter o interesse na matéria.

A utilização da experimentação no Ensino de Física ainda é pouco utilizada. Isso ocorre por diversos fatores que vão da falta de equipamentos e ambientes adequados até a inexistência de orientação pedagógica adequada. (GASPAR, 2005)

No entanto, ainda segundo Gaspar (2005), esses fatores não devem ser motivos para a falta de experimentação no Ensino de Física. Existem fatores que favorecem a prática, como a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, ou seja, pode ser realizado em ambientes informais, que fogem do convencional das salas de aula com quadro e giz (OLIVEIRA; GASTAL, 2009), e com custo relativamente baixo. A possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada também é um ponto positivo.

Através dos experimentos o aluno relaciona o fenômeno ocorrido com o mundo ao seu redor, com a cultura em que está inserido, ajudando na construção do conhecimento. O professor deve então proporcionar ao indivíduo o contato com a experimentação, criando ambientes que favoreçam a aprendizagem do aluno.

1.5. Objetivos

A proposta deste trabalho consiste explorar o tema Fluorescência na Educação básica - nível médio com o intuito de ensinar conceitos de Física Moderna e Contemporânea. Dessa forma propomos a inserção de assuntos de Física Moderna (Quantização, níveis de energia, transições eletrônicas em átomos e moléculas) para alunos de Ensino Médio, com um tema ligado a situações presentes no cotidiano do aluno, a Fluorescência.

As atividades experimentais no Ensino Médio devem ser inseridas, de forma estratégica, como atividades provocadoras de reflexão, capaz de promover discussões sobre determinado tema. O experimento é utilizado, também, na tentativa de aproximar o conteúdo a ser ministrado com a realidade do indivíduo. Dessa forma, um dos objetivos deste trabalho consiste no desenvolvimento e aplicação de experimentos acerca dos fenômenos físicos trabalhados. Ou seja, serão trabalhados tópicos de Física Moderna associados ao uso de experimentos.

Os experimentos foram construídos após a pesquisa realizada em forma de revisão bibliográfica, levando em consideração os pontos positivos e negativos dos trabalhos analisados. A proposta de utilizar materiais de baixo custo torna-se interessante pela facilidade de reprodução do experimento.

A sequência didática construída para atingir nosso objetivo está pautada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS (MOREIRA, 2011). O objetivo é que o aluno aprenda de forma significativa, ou seja, de forma que os conceitos sejam realmente aderidos ao corpo de conhecimento do estudante. Como observado na revisão bibliográfica realizada, a construção da sequência didática estabelece um padrão de problematização com temas cotidianos, explicação teórica do tema e aplicação do que foi estudado também em temas do cotidiano do aluno. Dessa forma observa-se que a potencialidade de ensino do material torna-se maior.

O material didático utilizado em sala de aula deve conter todo o suporte teórico necessário sobre os conteúdos a serem trabalhados pelo professor. O livro de Ciências deve proporcionar ao estudante uma compreensão da sua realidade, promovendo condições de reflexão sobre aspectos do seu cotidiano. (FRACALANZA; NETO, 2003; SOUTO; VASCONCELOS, 2003). É necessário criar instrumentos de apoio didático adequados a realidade do aluno, comprometidos com a formação social do indivíduo, a falta desse material prejudica a formação do indivíduo.

Ao formular atividades que não contemplam a realidade imediata dos alunos, perpetua-se o distanciamento entre os objetivos do recurso em questão e o produto final. Formam-se então indivíduos treinados para repetir conceitos, aplicar fórmulas e armazenar termos, sem, no entanto, reconhecer possibilidades de associá-los ao seu cotidiano (SOUTO; VASCONCELOS, 2003, p. 94)

A elaboração de um produto que envolve a sequência didática com roteiros para construção e realização dos experimentos e o material didático de apoio ao aluno é um dos objetivos deste trabalho. Diversos eventos naturais, relacionados ao tema, presentes na vivência diária do aluno são colocados no material do aluno, objetivando maior aproximação da matéria com o cotidiano do aluno, despertando maior interesse por parte deste, como também aumentar a potencialidade de ensino do material, ponto positivo observado na pesquisa em forma de revisão bibliográfica. O produto está organizado de forma a contribuir com o trabalho do professor em sala de aula.

De forma resumida estabelecemos os objetivos gerais e específicos do nosso trabalho:

1.5.1. Objetivo Geral

Ensinar Física Moderna e Contemporânea através do fenômeno de fluorescência.

1.5.2. Objetivos Específicos

Desenvolvimento e aplicação de experimentos envolvendo o fenômeno de fluorescência.

Elaboração de uma sequência didática em forma de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para trabalhar conceitos de Física Moderna e Contemporânea a partir do fenômeno da fluorescência.

Elaboração de um material didático (material do aluno) contendo todo suporte teórico sobre os temas tratados.

O FENÔMENO DA FLUORESCÊNCIA

O fenômeno da fluorescência é o resultado da interação da radiação (luz) com a matéria, com algumas características particulares. É um processo de emissão de luz que ocorre durante uma relaxação dos elétrons, a partir de estados eletrônicos excitados. O fenômeno pode ocorrer tanto em átomos como em moléculas, sendo mais comum em moléculas.

Uma molécula, figura 1, é formada por dois ou mais átomos mantidos juntos pelo compartilhamento de elétrons e que não podem ser separados sem afetar ou destruir as propriedades das substâncias. Uma molécula pode ser tão simples como a combinação de dois átomos de oxigênio (O_2), ou de dois átomos de hidrogênio com um átomo de oxigênio para produzir uma molécula de água (H_2O).

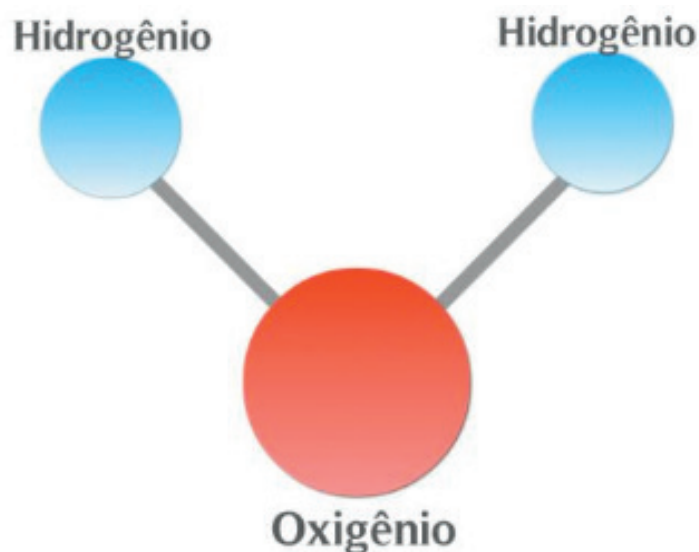


Figura 1 - Molécula de água (H_2O). Composta por dois átomos de Hidrogênio e um átomo de Oxigênio.

Fonte: <http://quimik.webnode.com.br/primeiroano/formula-quimica/>

Cada átomo possui sua própria eletrosfera (nuvem eletrônica), quando esses átomos se unem para formar uma molécula a interação entre seus elétrons constituem uma nuvem eletrônica molecular. Os elétrons podem sofrer transições entre os estados eletrônicos desta nuvem.

Moléculas fluorescentes possuem a propriedade de, quando estimuladas pela

energia de uma radiação eletromagnética (luz) de comprimento de onda adequado, reemitem parte dessa energia sob a forma de radiação. Ou seja, ao absorver radiação com frequência que equivale à diferença de energia entre dois estados, faz com que os elétrons saltem para o nível de maior energia e ao voltar para o estado de origem possam emitir radiação. A figura 2 representa um esboço esquemático da situação.

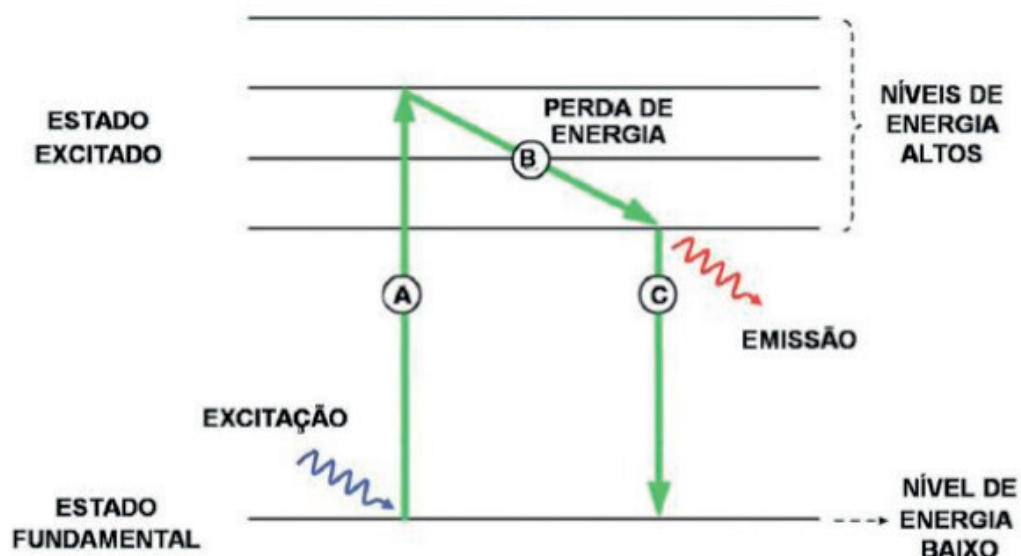


Figura 2 – Diagrama do processo de fluorescência. **A** – O elétron salta para um nível de maior energia ao ser estimulado com radiação específica. **B** – Perda de energia geralmente por vibração molecular e calor. **C** – Retorno ao estado fundamental com emissão de radiação.

Fonte: SARTORI, 2009, p.150.

O elétron promovido para um nível mais alto, no estado excitado, é instável, ou seja, o elétron não se mantém nesse nível, perde uma pequena parte de sua energia, indo para um nível intermediário de energia. Em geral, após a molécula absorver luz, seus elétrons excitados decaem muito rapidamente, cerca de um trilionésimo de segundo (10^{-12} s), retornando ao estado rotacional-vibracional de menor energia do estado eletrônico excitado com liberação de energia, devido a mudanças nos estados vibracionais e rotacionais da molécula, geralmente sob a forma de calor. A energia no nível intermediário é menor que a energia no nível mais alto no estado excitado, porém maior que no estado fundamental.

O elétron já no nível intermediário perde energia e retorna ao estado fundamental. A emissão de radiação com frequência correspondente à diferença de energia entre esses dois estados é um dos processos pelo qual o elétron retorna ao estado fundamental



Figura 3 - Esquema Simplificado entre as diferenças de energias dos estados.

Fonte: Elaborado pelo autor

Da figura 3 percebe-se que a energia hf_1 , que corresponde a excitação, é maior que a energia a hf_2 , que corresponde a emissão. Onde f é a frequência da radiação (fóton) e h é constante de Planck, que no SI vale $6,63 \cdot 10^{-34}$ J.s. As frequências (assim como os comprimentos de onda) são diferentes, em geral o fóton de emissão fluorescente carrega menos energia que o fóton de excitação devido as possíveis perdas de energia nas transições dos estados vibracionais do estado eletrônico excitado. Cada molécula possui um comprimento de onda de excitação e emissão característicos. A diferença entre estes comprimentos de onda é chamada deslocamento de Stokes (figura 4).

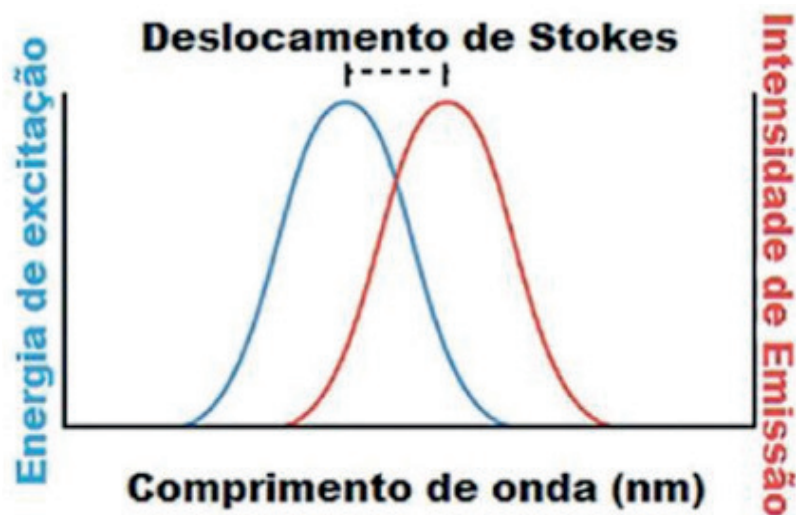


Figura 4 – O deslocamento de Stokes da excitação e emissão em amostras fluorescentes

Fonte: PAVONI, 2014, p. 2.

O deslocamento de Stokes é fundamental para a detecção da fluorescência, especialmente em aplicações biológicas, uma vez que moléculas com grandes deslocamentos de Stokes tem fluorescência facilmente detectável, enquanto que

a fluorescência de moléculas com pequenos deslocamentos de Stokes é de difícil detecção. O deslocamento de Stokes indica que uma amostra fluorescente é excitada com uma luz de determinado comprimento de onda (ou seja com determinada “cor”) e emite luz com comprimento de onda diferente (“cor” diferente), maior que da luz incidente.

A depopulação do estado excitado é descrita pelos processos moleculares de decaimento radioativo e não radiativos. Nos processos não radiativos a energia de excitação não é convertida em fótons, mas é dissipada por outros processos como, por exemplo, térmicos. Seja k_r e k_{nr} as taxas de decaimento radioativo e não radiativo, respectivamente e $N(t)$ a fração de fluoróforos (molécula fluorescente) no estado excitado no instante t após a excitação. A evolução temporal do estado excitado pode ser descrita por:

$$\frac{dN(t)}{dt} = -(k_r + k_{nr})N(t) \quad (01)$$

Cuja solução resulta no decaimento exponencial da população do estado excitado:

$$N(t) = N(0)e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (02)$$

em que τ é o tempo de vida de fluorescência do fluoróforo que corresponde a taxa combinada de decaimento radioativo e não radiativo:

$$\tau = \frac{1}{k_r + k_{nr}} \quad (03)$$

Na ausência de processos de decaimentos não radiativos, temos que:

$$k_{nr} = 0 \quad (04)$$

Logo, pode-se definir o tempo de vida intrínseco do fluoróforo:

$$\tau_0 = \frac{1}{k_r} \quad (05)$$

A intensidade da fluorescência pode ser quantificada pelo seu rendimento quântico de fluorescência, ϕ :

$$\phi = \frac{k_r}{k_r + k_{nr}} = \frac{\tau}{\tau_0} \quad (06)$$

A depopulação não radiativa reduz a intensidade de fluorescência da amostra. A maioria dos processos não-radiativos podem ser classificados como: conversão interna (k_{ic}), onde a energia eletrônica é convertida em energia vibracional do fluoróforo. Uma vez que os processos vibracionais são acionados por processos térmicos, a taxa de conversão interna aumenta com a temperatura, diminuindo a intensidade de fluorescência; Conversão externa (k_{ec}) onde o fluoróforo perde energia eletrônica para o ambiente através de colisão com outros solutos; cruzamento intersistema (k_{is}) é outro processo em que o sinal de fluorescência é reduzido e ocorre a geração de outro fenômeno luminescente: a fosforescência. De maneira geral:

$$k_{nr} = k_{ic} + k_{ec} + k_{is} \quad (07)$$

Nessa seção trataremos da metodologia empregada para ensinar conceitos de Física Moderna no ensino médio explorando o fenômeno da fluorescência.

3.1. Pesquisa Qualitativa

Após definir o problema da pesquisa e estabelecer os objetivos, optamos por uma pesquisa qualitativa. Para estudar toda a complexidade do contexto escolar e das relações sociais que nele se estabelecem, a pesquisa qualitativa é a mais indicada, uma vez que retrata as características do ambiente.

A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental. [...] A pesquisa qualitativa é descritiva [...] O significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida são a preocupação essencial do investigador [...] Pesquisadores utilizam o enfoque indutivo na análise de seus dados. (GODOY, 1995, p. 62 – 63)

Na pesquisa qualitativa é importante o contato do pesquisador com o ambiente e que as informações da realidade em questão, como por exemplo os fatores sociais, sejam examinados. Os pesquisadores devem estar preocupados não simplesmente com o resultado da pesquisa, mas com todo o processo.

Quando o estudo é de caráter descritivo e o que se busca é o entendimento do fenômeno como um todo, na sua complexidade, é possível que uma análise qualitativa seja a mais indicada. (GODOY, 1995, p.63).

Neste tipo de pesquisa não há preocupação com a representação numérica, com quantificações, mas com a compreensão de um grupo social, concentra-se na explicação da dinâmica das relações sociais. (GERHARDT e SILVEIRA, 2009, p. 32).

Moreira (2002) expõe algumas características dessa metodologia:

1) A interpretação como foco. Nesse sentido, há um interesse em interpretar a situação em estudo sob o olhar dos próprios participantes; 2) A flexibilidade na

conduta do estudo. Não há uma definição a priori das situações; 3) O interesse é no processo e não no resultado. Segue-se uma orientação que objetiva entender a situação em análise; 4) O contexto como intimamente ligado ao comportamento das pessoas na formação da experiência; e 5) O reconhecimento de que há uma influência da pesquisa sobre a situação, admitindo-se que o pesquisador também sofre influência da situação de pesquisa. (p. 9)

Assim, os estudos qualitativos são importantes por proporcionar a real relação entre teoria e prática, oferecendo ferramentas eficazes para a interpretação das questões educacionais. (OLIVEIRA, 2008, p.16)

3.2. Questionário

Como instrumento de coleta de dados foi utilizado o questionário, que pode ser definido “como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores, comportamento presente ou passado etc.” (GIL, 1999, p. 121). A construção do questionário é de extrema importância, uma vez que este propiciará dados para o delineamento de toda pesquisa. Dessa forma o questionário deve ser construído de forma a atender o interesse de pesquisa (GUNTHER, 2003).

A construção de um questionário precisa ser reconhecida como um procedimento técnico cuja elaboração requer uma série de cuidados, tais como: constatação de sua eficácia para verificação dos objetivos; determinação da forma e do conteúdo das questões; quantidade e ordenação das questões; construção das alternativas; apresentação do questionário e pré-teste do questionário. (GIL, 1999).

Diversas são as orientações para a construção de um questionário que atenda a necessidade da pesquisa, dentre estas podemos citar: número de questões não demasiado, ordem das perguntas, clareza, conteúdo das questões, objetividade, dentre outras. (GIL, 1999; MOREIRA; CALEFE, 2006).

O questionário pode ser composto de questões abertas e/ou fechadas. “Nas questões abertas solicita-se aos respondentes para que ofereçam suas próprias respostas” (GIL, 1999, P. 122). O respondente não se limita às respostas pré-determinadas no próprio questionário. Nas questões fechadas os respondentes podem escolher entre uma ou mais alternativas, como resposta, já determinadas pela própria questão.

Um dos motivos de escolhermos o questionário como ferramenta de obtenção de dados se deve ao fato deste nos possibilitar atingir maior número de pessoas de maneira simultânea (MOREIRA; CALEFE, 2006). O questionário foi aplicado a cada aluno individualmente e de forma impressa.

3.3. Aprendizagem Significativa e Unidades de Ensino Potencialmente

Significativas

As teorias de aprendizagem sugerem uma proposta de ensino diferente da maneira clássica de ensinar e aprender. Tradicionalmente os professores apresentam aos alunos diversas informações a serem memorizadas e depois reproduzidas em avaliações, e logo depois, normalmente, são esquecidas. Trata-se de uma aprendizagem mecânica dos conteúdos.

Com o intuito de modificar essa situação, observa-se várias propostas teóricas de aprendizagem. Nesse trabalho a proposta consiste na construção de Unidades Potencialmente Significativa (UEPS) que é pautada na teoria da aprendizagem significativa. Uma UEPS, segundo Moreira (2011), é uma sequência didática com fundamentação em teorias de aprendizagem, de forma mais específica na teoria da aprendizagem significativa. Dessa forma, a sequência didática construída na estrutura de uma UEPS deve conter elementos referentes à teoria da aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa, proposta por David Ausubel tem como ponto central o conhecimento prévio do aluno. O aluno adere novos conhecimentos àqueles que já possuem. Reforçando essa ideia:

Aprendizagem significativa é aquela em que o significado do novo conhecimento vem da interação com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 2009, p.31).

A interação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento é a característica chave da aprendizagem significativa. Estrutura cognitiva é o corpo de conhecimentos já estruturado que o indivíduo possui em determinada área. O conhecimento, propriamente dito, que o indivíduo já possui previamente é chamado de *conceito subsunçor*, ou seja, conceitos e proposições estáveis no indivíduo (MOREIRA, 2009, p. 32). A aprendizagem deve se dar através de uma relação não arbitrária, ou seja, as novas ideias são relacionadas a algum aspecto relevante já existente na estrutura cognitiva do aluno. Quando o aluno consegue aprender determinado conteúdo, ou seja, aderir à sua estrutura cognitiva e partir daí é capaz de explicar elaborando um discurso próprio, dizemos que a aprendizagem foi substantiva. Quando a aprendizagem é mecânica o novo conhecimento é armazenado na memória do aluno de maneira literal e decorativa, ou seja, ocorre armazenamento mecânico das informações recebidas. Não há relação entre o novo conhecimento e algum já existente na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 2009, p. 31).

Ausubel (2000) (*apud* MOREIRA, 2009) ao fazer a distinção entre aprendizagem mecânica e significativa deixa claro que ambas são contínuas e não dicotômicas. É

possível que uma aprendizagem mecânica passe progressivamente à significativa.

Segundo Ausubel (2000) (*apud* MOREIRA, 2009) a aprendizagem pode ocorrer de duas maneiras: Descoberta, onde o aluno deve aprender sozinho, chegando as suas próprias conclusões. Recepção, na qual a informação é recebida pronta (como por exemplo, em aula expositiva) e o trabalho do aluno é relacionar a ideias relevantes disponíveis em sua estrutura cognitiva. Moreira (2009) deixa claro que tanto a aprendizagem por descoberta quanto a aprendizagem receptiva podem ser mecânica ou significativa. É o agir do aluno que caracteriza a aprendizagem como mecânica ou significativa, e não a maneira como ele tem acesso, recepção ou descoberta. Se o aluno relacionar o conteúdo com o que já é sabido, não-literal e substantivo, tem-se aprendizagem significativa. Caso o aluno tente apenas memorizar, ou seja, decorando conteúdos sem a atribuição de significados, há aprendizagem mecânica.

Para auxiliar a construção de uma aprendizagem significativa, o material utilizado pelo professor deve ser potencialmente significativo. É necessário que existam meios didáticos que conduza a tal aprendizagem. Uma sequência de ensino fundamentada teoricamente (UEPS) pode proporcionar uma aprendizagem significativa. Na elaboração de uma UEPS, segundo Moreira (2011) deve-se levar em conta os seguintes pontos:

O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa; é o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento; organizadores prévios mostram a relação entre novos conhecimentos e conhecimento prévios; são as situações-problema que dão sentido ao novo conhecimento, elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para aprender significativamente. Podem funcionar como organizadores prévios. Devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; a diferenciação progressiva, reconciliação integradora e a consolidação devem ser consideradas na organização do ensino; as avaliações devem ser feitas de modo a evidenciar a aprendizagem significativa; o papel do professor é promover situações-problema e organizar o ensino de modo a mediar a captação de significados por parte do aluno; a aprendizagem deve ser crítica e significativa, não mecânica. (p. 3)

Organizador prévio é um material instrucional introdutório que deve ser apresentado ao aluno antes do conteúdo a ser aprendido. Sua função é servir de ligação entre o que o aluno já sabe e o que irá aprender. A diferenciação progressiva ocorre quando as ideias e conceitos mais gerais são apresentados inicialmente e, progressivamente, são diferenciados em termos de detalhes e particularidades. A reconciliação integrativa acontece na relação entre ideias e conceitos, apontando semelhanças e diferenças naquilo que já está presente na estrutura cognitiva do aluno com o novo conhecimento. Ela se torna bastante necessária quando o professor quer ensinar algum conceito científico com o significado diferente do senso comum. Nesse contexto pode-se falar a respeito da negociação de significados. O professor apresenta ao aluno os significados aceitos no contexto da matéria. Este

deve demonstrar ao professor como está captando os significados. O professor deve apresentar tais significados até que o aluno venha a compartilhar os significados aceitos no contexto da matéria ensinada. A consolidação ocorre quando há um domínio do conteúdo ensinado, onde o aluno consegue externalizar de forma não literal, utilizando suas próprias palavras na elaboração do discurso.

Cada definição escrita acima (MOREIRA, 2011, p. 49-51) é importante para a compreensão da estrutura de uma UEPS. Sua construção segue uma sequência lógica, elaborada de forma a contribuir significativamente para o processo ensino aprendizagem. Moreira (2011) sugere alguns passos na elaboração de uma UEPS:

1. Definir o tópico específico a ser abordado e a maneira que será apresentado;
2. Extrair informações sobre o que o aluno já sabe, criando situações problemas que leve o aluno a externalizar o seu conhecimento prévio aceito ou não no contexto da matéria, que seja relevante para uma aprendizagem significativa;
3. Propor situações-problema em nível introdutório e que prepare o aluno para os conceitos a serem abordados. Podem ser utilizadas simulações computacionais, vídeos, demonstrações experimentais, problemas do cotidiano, etc. Essas situações devem dar sentido aos novos conhecimentos;
4. Apresentação do conhecimento a ser ensinado, levando em conta a diferenciação progressiva;
5. Retomar aspectos mais gerais em um nível mais alto de complexidade em relação à apresentação inicial, levando em conta a reconciliação integrativa;
6. Concluir a unidade dando seguimento ao processo de diferenciação progressiva buscando a reconciliação integrativa. Propor novas situações-problemas com níveis maiores de complexidade. As situações devem ser apresentadas em formas de atividades e discutidas em grupo, com o docente como mediador;
7. Avaliar a aprendizagem registrando tudo que pode ser considerada evidência de uma aprendizagem significativa. Deve haver também uma avaliação somativa individual após o sexto passo com questões e/ou situações que indiquem captação de significados. A avaliação de desempenho do aluno na UEPS deve-se basear, igualmente, tanto na avaliação formativa (registros do professor, situações, participação) quanto na avaliação somativa;
8. Verificar se houve ou não êxito na implementação da UEPS. Só será considerada exitosa se a avaliação de desempenho dos alunos fornecer evidência de aprendizagem significativa.

Ao final da aplicação da UEPS o aluno deve ser capaz de explicar e aplicar o conhecimento adquirido para resolver situações-problemas. A aprendizagem

significativa é progressista, dessa forma todo o processo é importante na avaliação e não só o resultado final. Aspectos qualitativos como a participação e interação, produções textuais e construções discursivas são extremamente valorizados como forma de avaliação.

3.4. Local de Pesquisa

A sequência didática foi aplicada em uma turma com 26 alunos de 2º ano do ensino médio do Colégio Estadual Irmã Gabriela, localizado na cidade de Goiânia – GO. A nota bimestral dos alunos foi dada a partir das atividades propostas na intervenção.

O Colégio conta com um amplo espaço físico e uma infraestrutura que possibilita de forma satisfatória a realização do trabalho docente. A escola possui uma boa sala de informática, porém, não possui um laboratório de ciências. Conta com dois professores de Física, sendo um deles efetivo e trabalhando a mais de dez anos no local.

Características físicas:

- Biblioteca bem equipada
- Laboratório de Informática com 10 computadores funcionando
- Quadra de esportes
- Turmas de ensino médio nos períodos matutino, vespertino e noturno.

3.5. Experimentos Realizados

Ao longo de toda a intervenção foram realizados dois experimentos. O *experimento I* é sobre cores de um corpo por reflexão da luz e o *experimento II* trata do fenômeno da fluorescência.

3.5.1. Experimento I

Os materiais utilizados na construção foram:

- Fios 0,50 mm² para conexão
- Botão pulsador para circuito eletrônico
- Luzes de LED nas cores: Verde, Vermelho, Azul e Branco
- Bateria 3,0 V (Uma unidade para cada luz de LED)
- Fita Isolante preta

- Papel Cartão Preto
- Papel com as cores vermelho (RGB 255,0,0), azul (RGB 0,0,255) e verde (RGB 0, 255,0)
- Caixa Retangular com tampa. (Pode ser utilizada caixa para presente)

Cada LED foi ligado à bateria conforme o seguinte esquema elétrico da figura 5:

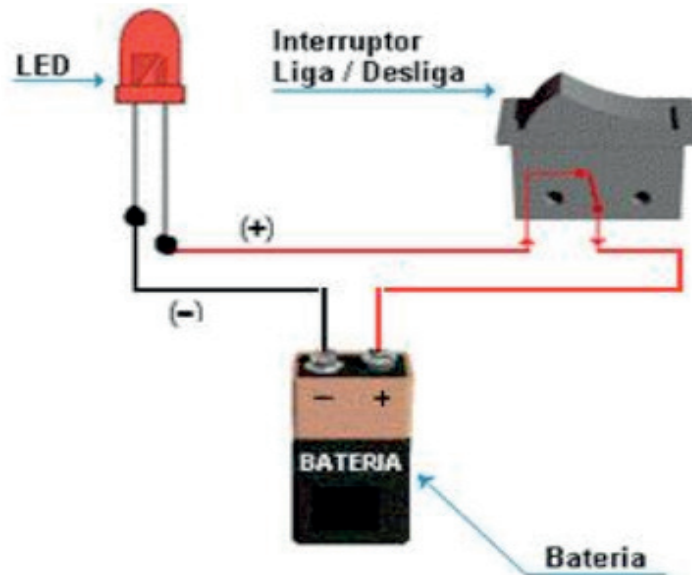


Figura 5 – Esquema elétrico para ligação do LED

Fonte: Próprio Autor.

Os LEDES foram fixados com fita isolante preta nas laterais da caixa retangular. A montagem elétrica fica embutida em um fundo falso na caixa retangular por questão de estética visual do aparato. O lado interno das paredes da caixa, assim como a tampa, são pintadas com tinta preta, ou simplesmente forradas com cartolina preta, conforme figura 6.



Figura 6 – Caixa Retangular com circuito embutido e LEDES fixados na lateral.

Fonte: Próprio Autor.

Os botões de acionamento do LED foram presos na lateral da caixa através de um pequeno furo passante. Optou-se por colocar dois botões de cada lado (figura 7).



Figura 7 – Vista Lateral da Caixa – Botões de acionamento.

Fonte: Próprio Autor.

Em uma das paredes da caixa foi feito um pequeno furo para visualização interna (figura 8). Na face oposta ao furo (anteparo) colocou-se um papel impresso com algumas listras de cores, fazendo a função dos objetos a serem iluminados (figura 9). As listras foram construídas utilizando o programa Microsoft *Paint*. As cores são primárias do sistema RGB (Red, Green, Blue), ou seja, ao selecionar o azul, por exemplo, foi configurado em “Editar Cores” para a que a cor tenha 100% de azul (RGB 0, 0, 255), sem outras misturas.



Figura 8 – Vista Frontal da Caixa – Furo para visualização interna.

Fonte: Próprio Autor.



Figura 9 – Anteparo no interior da Caixa.

Fonte: Próprio Autor.

Para manuseio do experimento a caixa deve ser mantida fechada, internamente existe uma folha com faixas de cores diferentes, há também LEDES de diferentes cores. Cada botão aciona um LED, sendo estes, vermelho, verde, azul e branco. Acionar apenas um botão por vez, aleatoriamente, onde foi verificado através do orifício o que ocorre com as cores fixadas no anteparo.

3.5.2. Experimento II

Os materiais utilizados na construção desse experimento foram os seguintes:

- Fios 0,50 mm² para conexão;
- Botão pulsador para circuito eletrônico;
- Luzes de LED, vermelho e azul;
- Bateria 3,0 V ou 5,0 V;
- Fluoresceína (solução oftálmica encontrada em Drogarias);
- Porta amostra; (Podem ser utilizados pequenos frascos transparentes de essência ou perfumaria, encontrados em lojas especializadas em vendas de essências em geral);
- Pote de filme fotográfico;
- Base para fixação do circuito: Caixa retangular 8x5x14 cm (Pode ser utilizada uma embalagem de smartphone).

A fluoresceína deve ser diluída em água. Recomenda-se aproximadamente uma gota da substância para cada 5 ml de água. A amostra será iluminada exclusivamente com luzes monocromáticas. A iluminação dever ser feita primeiramente com LED vermelho e depois com azul. O vermelho não produz excitação na amostra. A excitação provocada pelo azul faz com que ocorra emissão com uma coloração esverdeada. A montagem do experimento está descrita na sequência.

Os LEDES foram ligados a bateria conforme o seguinte esquema elétrico da figura 10:

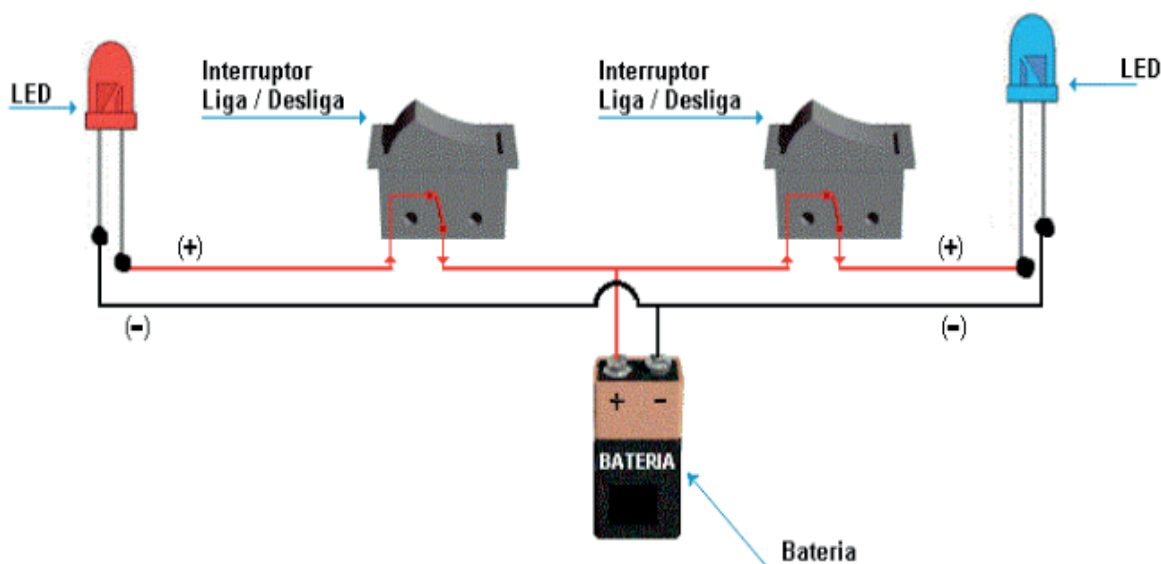


Figura 10 – Esquema elétrico para ligação dos LEDs

Fonte: Próprio Autor.

Os LEDs foram acoplados ao pote de filme fotográfico (figura 11). A amostra fica protegida da luz natural ao ser inserida no pote de filme fotográfico. Para

manter o pote de filme fotográfico estável foi utilizada a própria divisória da caixa de smartphone, que pode ser substituída por um pedaço de papelão, caso a caixa não tenha a divisória.

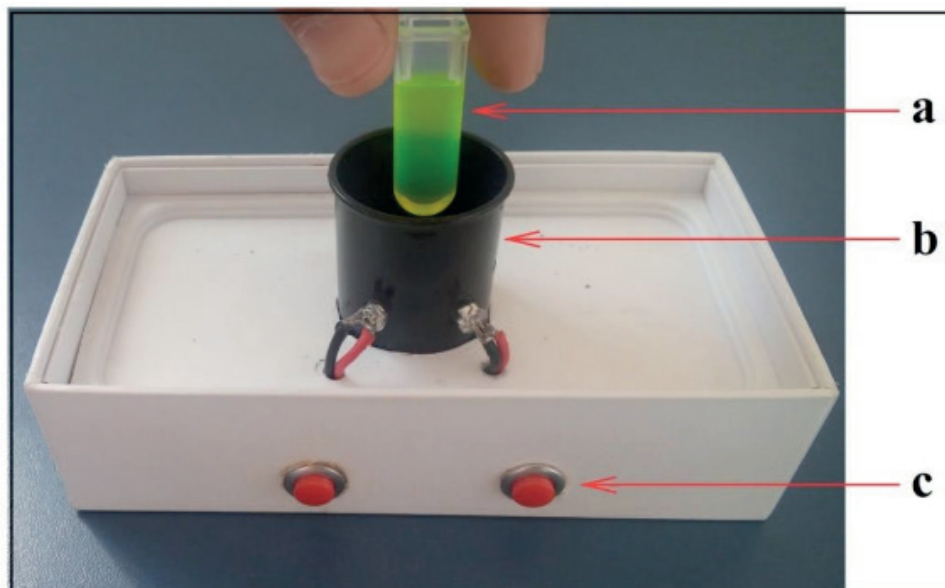


Figura 11 – Experimento montado em uma embalagem de smartphone, a – Porta Amostra com solução, b–Pote de filme fotográfico, c – Botão interruptor.

Fonte: Próprio Autor.

Todo o circuito elétrico foi montado embutido à caixa de smartphone, embaixo da divisória já citada anteriormente. Na tampa do pote de filme fotográfico foi feito um pequeno furo para visualizar a amostra, conforme figura 12.

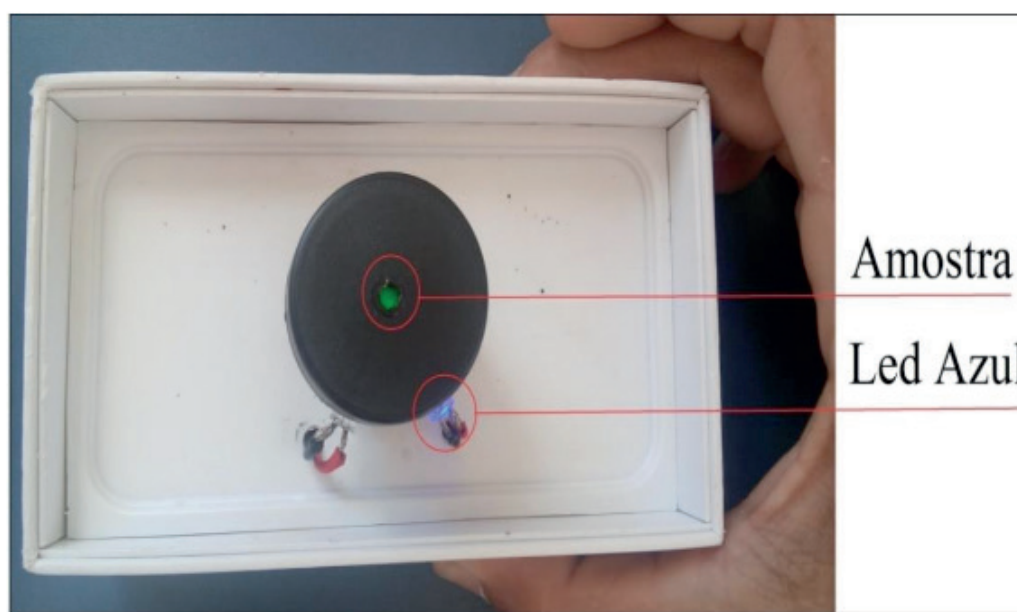


Figura 12 – Experimento montado em uma embalagem de *smartphone*. Vista superior.

Fonte: Próprio Autor.

3.6. Roteiro de Aulas

Para a construção da intervenção foi utilizada a dinâmica prevista nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). (MOREIRA, 2009).

A duração da intervenção foi a seguinte: nove aulas de 50 minutos cada, distribuídas em três partes. O quadro a seguir discrimina a quantidade de aulas em cada parte.

Conteúdos	Quantidade de aulas ministradas
Parte I: Experimentos.	02
Parte II: Modelo atômico de Bohr, Níveis de energia, transições energéticas.	03
Parte III: Fluorescência	04
Total de Aulas Ministradas	09

3.5.1. Parte I

Na parte I (aulas 1 e 2) os alunos tiveram contato com dois experimentos. O objetivo foi a integração dos seguintes conceitos Físicos: luz branca, luz monocromática e cor de um corpo por reflexão da luz.

Aula 1: Iniciou-se com uma discussão sobre cores de um corpo por reflexão. Em forma de tópicos foram anotadas no quadro as opiniões dos alunos acerca do tema. Como forma de problematização foram feitas as seguintes perguntas: *O que é necessário para enxergarmos um objeto? Conseguimos enxergar um objeto em um ambiente totalmente escurecido? Como o objeto consegue enviar luz até nossos olhos?*

Após esse momento a sala foi dividida em 2 grupos para realização do *experimento I* sobre cores de um corpo por reflexão. Os alunos foram orientados no manuseio do experimento. Eles não sabiam quais eram as cores das faixas no anteparo e não podiam abrir a caixa, mas sabiam a cor de cada LED instalado dentro da caixa. Cada botão aciona um LED sendo estes, vermelho, verde, azul e branco. Acionar apenas um botão por vez, aleatoriamente, onde foi verificado através do orifício o que ocorre com as cores fixadas no anteparo.

Com o *experimento I* denominado “Cor de um corpo por reflexão da luz” objetivou-se demonstrar o comportamento clássico da matéria onde a cor de um corpo se apresenta através da reflexão da luz. Os alunos devem compreender, com o manuseio deste experimento, que a cor de um corpo depende da luz que o ilumina.

Aula 2: Os alunos foram organizados em grupos, os mesmos da aula anterior, para a realização do *experimento II*.

O objetivo do experimento foi inserir o tema a ser estudado, que trata do comportamento quântico de emissão da luz a partir da interação da radiação com a matéria e fazer um paralelo com o comportamento clássico da reflexão da luz que evidencia a cor de um corpo por reflexão.

Antes da distribuição do experimento, os alunos foram orientados em como proceder. Foi realizada uma breve explicação do circuito elétrico, onde os LEDES estão ligados a uma bateria e um botão aciona o LED vermelho o outro aciona o LED azul.

A amostra já estava inserida no porta amostra e devidamente acomodada no pote de filme fotográfico quando entregue ao aluno. Cada grupo anotou aquilo que foi observado. Após o manuseio os alunos puderam abrir a divisória e o pote de filme fotográfico para visualizar o circuito e a amostra.

Diversas dúvidas foram lançadas pelos alunos, como: Que líquido é esse? Porque o líquido ficou verde se a luz é azul? Porque que com a luz vermelha o líquido não ficou verde também? Os alunos ficaram esperando a resposta para o comportamento observado. Em nenhum momento foi dito que se tratava do fenômeno da fluorescência.

Em seguida os alunos responderam a um questionário (apêndice I) com o objetivo de extrair informações sobre o conhecimento prévio do aluno sobre física moderna de forma geral e sobre a fluorescência.

3.5.2. Parte II

Na parte II (aulas 3, 4 e 5) o objetivo foi a integração dos conceitos Físicos de: Modelo atômico de Bohr, níveis de energia e transições eletrônicas em átomos.

Aula 3: Deu-se início com um debate sobre a composição básica da matéria segundo a perspectiva de Bohr. Foram anotados no quadro as concepções dos alunos sobre a estrutura básica da matéria. Foi possível perceber que os alunos não compreendiam conceitos de transições eletrônicas. Apenas falavam sobre a estrutura do átomo, lembrando das aulas de química de anos anteriores. Alguns alunos comentaram sobre outros modelos atômicos (Thomson e Rutherford).

Alguns questionamentos para orientar o debate foram feitos: *Qual a composição básica da matéria? O que pode ocorrer com os elétrons dos átomos ao incidirmos luz sobre ele? Como os elétrons se arranjam em torno do núcleo?*

Ainda nessa aula foi iniciado uma abordagem teórica utilizando apresentação em slides sobre o modelo atômico de Bohr. Foi possível abordar a estrutura do átomo e os postulados proposto por Bohr.

Aula 4: Como continuação da aula anterior foram abordados os temas Níveis de energia no átomo de Bohr, transições eletrônicas e Quantização. Foi possível abordar também algumas limitações presentes no modelo atômico de Bohr. Foi marcada uma avaliação para a aula seguinte, com o conteúdo trabalhado nas aulas 3 e 4, ou seja, sobre modelo atômico de Bohr.

Aula 5: No início da aula os alunos foram oportunizados de tirarem as dúvidas que ainda restavam. Poucos alunos se manifestaram, com dúvidas simples como: *Na eletrosfera temos os elétrons, certo? Estado fundamental é o de menor energia?*

Quanto vale mesmo a constante de Planck? As dúvidas foram sanadas.

Como forma de verificação da aprendizagem os alunos responderam aos exercícios de verificação da aprendizagem (apêndice II).

3.5.3. Parte III

Na parte III (aulas 6, 7, 8 e 9) o objetivo foi de que os alunos integrem conceitos de: Transições eletrônicas em moléculas, diagrama de Jablonski para fluorescência, deslocamento de Stokes.

Aula 6: Iniciou-se aula com um debate coletivo a respeito e alguns elementos fluorescentes e fosforescentes presentes no cotidiano, segue uma lista com alguns exemplos:

- Pulseiras neon;
- Adesivos de silicone que “brilham no escuro”;
- Plantas como, por exemplo, a clorofila;
- Animais como, por exemplo, os escorpiões, vaga-lumes, corais e seres marinhos;
- Dentes e unhas;
- Refrigerantes;
- Rochas e minerais;
- Sabão em pó e alvejantes;
- Graxas e gordura;
- Cédulas de dinheiro, documentos e cartões de crédito.

O vaga-lume e a verificação de cédulas de dinheiro foram os temas mais abordados pelos próprios alunos. Até o momento a discussão foi superficial, no sentido de que não foi atribuída nenhuma explicação científica para os fenômenos listados.

Alguns questionamentos para dar continuidade a aula foram feitos aos alunos: *No caso das cédulas de dinheiro, por que a marca d'água só aparece ao ser iluminada com um tipo de luz específica? No caso dos dentes, unhas, graxas, gorduras, clorofila, etc. Por que a luz emitida pelo material é diferente daquela em que foi iluminado? Vários tipos de matérias são fluorescentes, mas nem todos emitem a mesma coloração (alguns são esverdeados, outros avermelhados). E nem todos são iluminados com o mesmo tipo de luz para se apresentarem fluorescentes. Por quê?*

Inicia-se uma abordagem sobre moléculas, utilizando slides, fazendo um paralelo com o modelo de Bohr para átomos. O fenômeno de fluorescência ocorre também com moléculas, por isso a necessidade dessa abordagem. Foi apresentada

de forma progressiva a diferença entre átomo e molécula no que se diz respeito a níveis de energia e transições eletrônicas. Foi possível perceber a importância da abordagem sobre modelo atômico de Bohr para compreensão dos processos moleculares, uma vez que os próprios alunos constantemente faziam um paralelo entre os modelos. De forma geral a diferença entre átomos e moléculas ficou bem clara para os alunos.

Aula 7: Essa aula seguiu com uma abordagem a respeito do fenômeno da fluorescência propriamente, utilizando slides. Absorção de radiação de um comprimento de onda específico pelas moléculas, transições entre níveis de energia e a emissão de luz e deslocamento de Stokes foram os temas abordados. Utilizou-se de bastantes imagens, gráficos e tabelas. No final da aula foi proposta uma atividade para casa, uma produção textual respondendo as seguintes questões: *Por que as substâncias fluorescentes devem ser iluminadas com luzes de uma cor específica para se mostrarem fluorescentes? Qual o comportamento dessas substâncias no que diz respeito ao comprimento de onda de emissão e excitação? Onde encontro aplicações desse fenômeno no meu cotidiano?* O principal objetivo foi observar se os alunos conseguiram estabelecer uma relação entre o que foi ensinado e uma situação já observada anteriormente, no *experimento II*. A atividade deveria ser entregue na aula seguinte.

Aula 8: Foi feita a entrega da atividade de casa (produção textual). O material do aluno, elaborado como material de apoio didático foi entregue ao aluno nesse momento. Nele consta toda a parte teórica dos assuntos trabalhados em sala e ainda algumas informações e curiosidades relacionadas ao tema. Os alunos tiveram então a oportunidade de iniciar a leitura do material, e se necessário, tirar dúvidas com o professor. Nesse momento foi explicado detalhadamente o que ocorreu no *experimento II*, tanto a parte da montagem e funcionamento, como a parte da fluorescência. Percebeu-se que ficou claro para o aluno que o experimento tratava do fenômeno de fluorescência. Ficou marcada para o próximo encontro, uma avaliação final sobre todo o conteúdo trabalhado.

Aula 9: A última aula da intervenção iniciou com a oportunidade dos alunos sanarem dúvidas sobre a matéria. Algumas perguntas foram feitas como, por exemplo: *Qual comprimento de onda é mesmo menor ou maior? Excitação ou emissão? Qual é mesmo a constante de Planck?* Percebeu-se que os alunos possuem uma grande preocupação em memorizar valores de constantes e equações, mesmo tendo deixado claro desde o início que o valor da constante seria dado, caso fosse cobrado algo relacionado. Como forma de avaliação final foi aplicada uma atividade conforme apresentada no (apêndice III). Com a aplicação da avaliação a sequência de aulas sobre o tema foi encerrada.

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A parte I da sequência de aulas consistiu na aplicação de dois experimentos e um questionário. O *experimento I* trabalha o conceito de cor de um corpo por reflexão da luz e o *experimento II* consiste em verificar o fenômeno da fluorescência onde uma amostra fluorescente é iluminada com LEDES de diferentes comprimentos de onda. O questionário tem o objetivo de extrair informações sobre o conhecimento prévio do aluno sobre física moderna de forma geral e sobre a fluorescência. Os experimentos têm por objetivo introduzir, de forma prática, o assunto a ser trabalhado, na tentativa de obter maior motivação e interesse por parte dos alunos.

Muitos alunos, após a demonstração, apresentaram melhoria no seu vocabulário científico, no seu interesse pela Física e até mesmo em suas respostas ao questionário que lhes fornecemos (GASPAR; MONTEIRO, 2005, p. 249).

Em conversa com os alunos ao final da intervenção foi possível perceber que a experimentação contribuiu de forma significativa para o bom andamento das aulas, principalmente no aspecto motivacional. Em decisão unânime da turma, eles escolheram as duas primeiras aulas como sendo as melhores de todo o assunto. Sentiram-se motivados a continuar estudando o assunto para entender a explicação científica para o experimento.

Aluno A1: “Professor, quando o senhor terminou a última aula de fluorescência percebi que eu conseguia explicar o experimento da caixinha de celular. É a fluorescência, eu não esqueci que o senhor prometeu que no final iria fazer a gente entender sozinho”.

Aluno A12: “O melhor da Física é o experimento. A Física é justamente a explicação do Universo, das coisas que acontecem na prática”.

O objetivo do *experimento I* foi demonstrar o comportamento clássico da matéria onde a cor de um corpo se apresenta através da reflexão da luz. Os alunos conseguiram compreender que a cor de um corpo depende da luz que o ilumina. Para cada faixa colorida observada puderam identificar qual a cor da faixa quando

iluminada com luz branca. Conseguiram ir além, relacionaram o experimento com eventos do cotidiano, quando por exemplo, em uma festa que está sob iluminação de uma luz monocromática as roupas aparentemente mudam de cor, onde uma camisa que sob luz solar se apresenta branca, sob iluminação de luz monocromática azul, por exemplo, reflete o azul e se apresenta aos nossos olhos na cor azul.

O *experimento II* tem por objetivo inserir o tema a ser estudado, que se trata de um comportamento quântico de emissão da luz a partir da interação da radiação com a matéria. Inicialmente os alunos não conseguiram explicar fisicamente o experimento ou relacionar com alguma situação cotidiana, diferente do *experimento I*. Porém se sentiram motivados a entendê-lo, proporcionando um bom andamento das aulas subsequentes no que se diz respeito a interesse e comprometimento.

O *experimento I* foi de extrema importância para que os alunos tivessem contato na prática com um assunto já estudado anteriormente: Cor de um corpo por reflexão. Conseguiram explicá-lo fisicamente e relacionar com outras situações por eles experimentadas. Já o *experimento II* foi fundamental para motivar os alunos a estudarem o tema proposto, ou seja, foi importante para introduzir o assunto.

Abaixo estão apresentados alguns gráficos com as respostas obtidas. A primeira questão consiste em verificar o conhecimento do aluno sobre temas de Física Moderna: *Física Moderna é o estudo da Física desenvolvido no final do século XIX e início do século XX. Assinale a(s) proposição(ões) que indicam temas da Física Moderna.* Em relação as respostas obtidas foi construído o gráfico da figura 13.

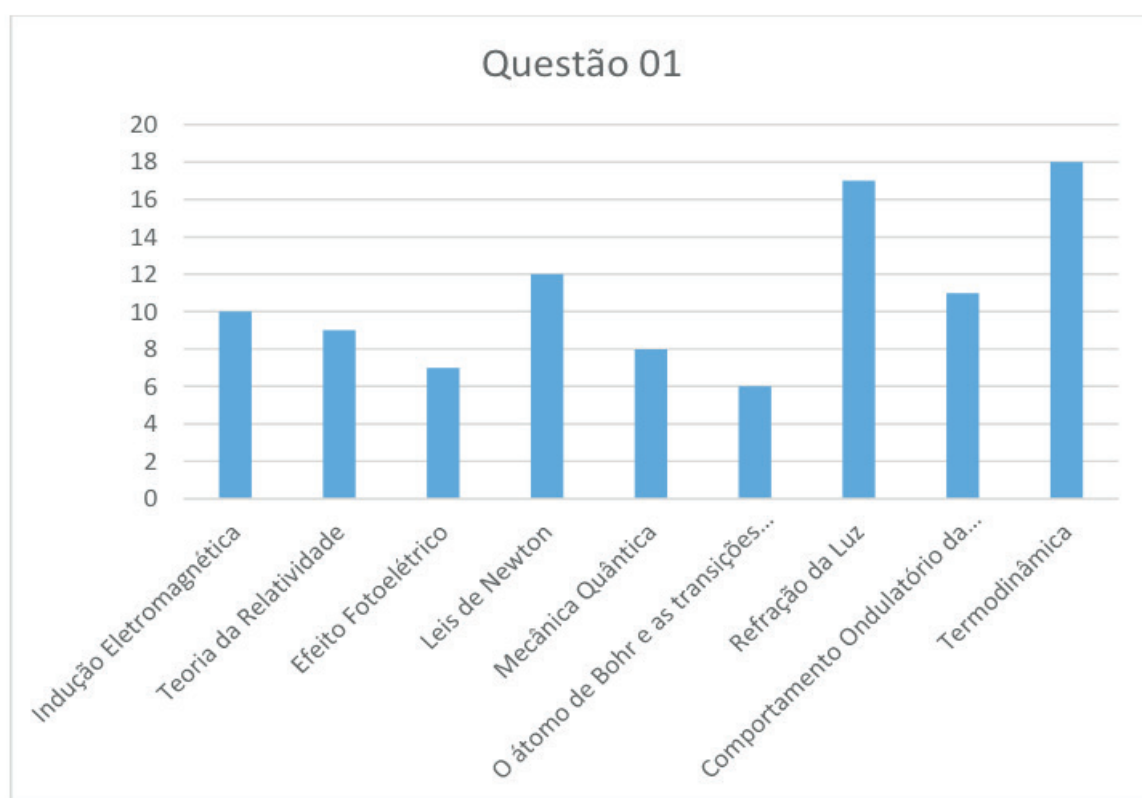


Figura 13 – Questão 01: Assinale a(s) proposição(ões) que indicam temas de Física Moderna.

Fonte: Autor

Grande número de alunos assinalaram temas de Física Clássica, como por exemplo: Leis de Newton, Refração da Luz e Termodinâmica. Apenas um aluno da turma marcou as alternativas corretas referentes a Física Moderna, os demais não conseguiram distinguir temas de Física Moderna de temas de Física Clássica. Realmente se faz necessário uma abordagem maior de Física Moderna e Contemporânea, uma vez que os alunos não conseguiram realizar distinções simples entre os chamados Moderno e Clássico.

Em relação ao tema Fluorescência foi feita a seguinte pergunta: *Você conhece o fenômeno de fluorescência?* A figura 14 consiste no gráfico das respostas obtidas.

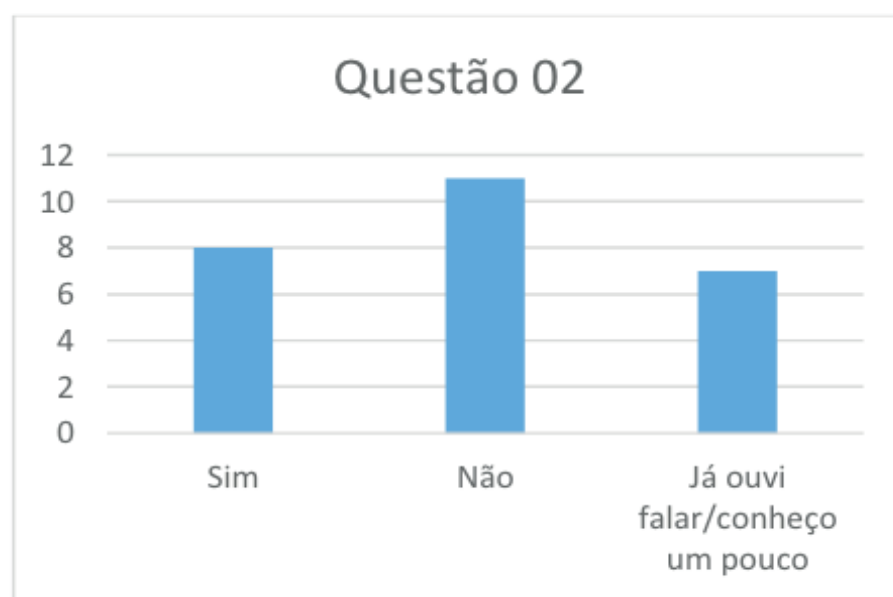


Figura 14 – Questão 02: Você conhece o fenômeno de Fluorescência?

Fonte: Autor

Percebe-se que poucos alunos tinham conhecimento sobre o tema, ou seja, existe a necessidade de discussão do assunto em sala de aula. Muitos deles possuem contato diário com o fenômeno, citados pelos próprios alunos, como, por exemplo, verificação de cédulas de dinheiro, tintas de caneta fluorescente e pulseiras neon.

A figura 15 mostra o quantitativo das respostas dos alunos para a questão 3: *A caneta marca-texto geralmente é utilizada para marcar o trecho de um texto, destacando-o visualmente. Sua cor possui certa diferença das canetas tradicionais, com uma coloração mais “viva” e brilhante. Qual das alternativas a seguir contém o assunto que lhe daria suporte para explicar o fenômeno onde a caneta emite aquela coloração característica?*

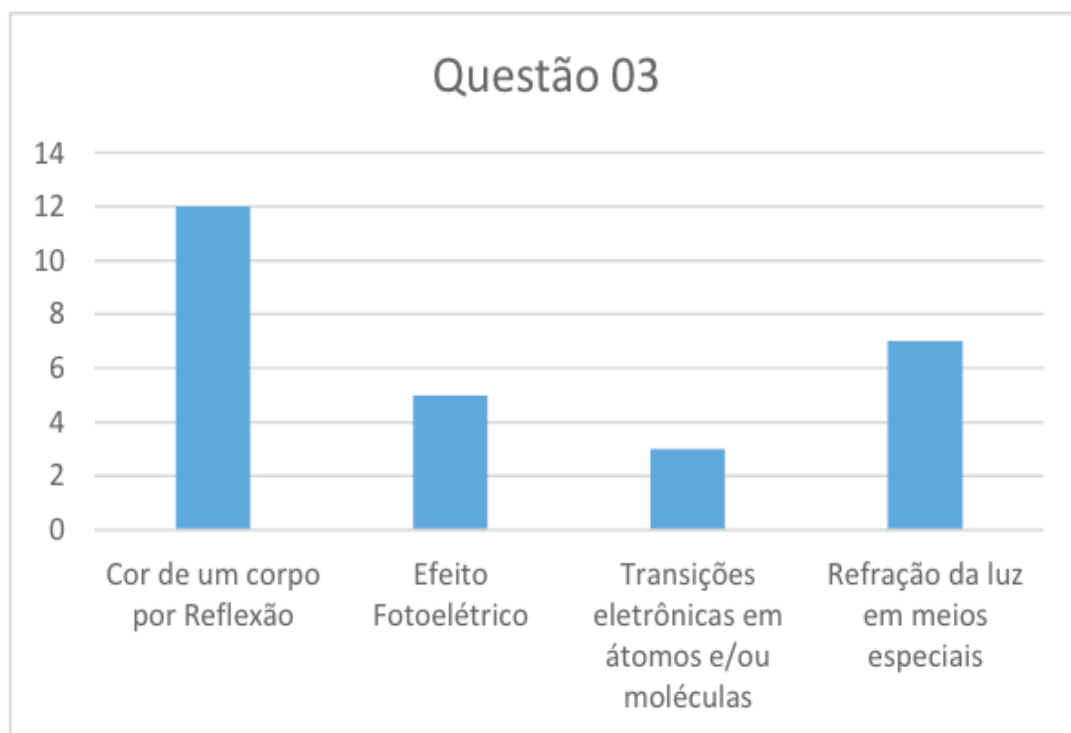


Figura 15 – Questão 03: Qual das alternativas a seguir contém o assunto que lhe daria suporte para explicar o fenômeno onde a caneta emite aquela coloração característica?

Fonte: Autor

Poucos alunos conseguiram relacionar a fluorescência com transições eletrônicas. Grande parte assinalou a alternativa que lhes era familiar na observação da cor de um corpo, ou seja, cor de um corpo por reflexão. A terceira questão reforça a ideia de que é válida a abordagem do assunto de fluorescência.

De maneira geral percebe-se que os alunos possuíam pouco conhecimento prévio em relação à Física Moderna.

Na parte II da intervenção, que trata do modelo atômico de Bohr, muitos alunos ficaram surpresos ao perceber que já haviam estudado o tema na disciplina de Química. Em relação à dinâmica da aula, o debate inicial foi de extrema importância para que se pudesse perceber qual o conhecimento do aluno acerca do tema. Questões de transições eletrônicas e quantização não foram encontradas nas falas dos alunos, apenas questões estruturais do átomo.

Aluno A3: “O átomo tem um núcleo, bem denso, com prótons e nêutrons. Tem a eletrosfera, com os elétrons circulando em volta do núcleo”

Aluno A7: “O modelo de Bohr é o moderno, veio depois do Thompson e Rutherford”

O questionário aplicado na parte II, após a exposição teórica sobre modelo atômico de Bohr, teve por objetivo verificar se os alunos conseguiram integrar

conhecimentos sobre o tema trabalhado. A primeira questão era referente a solução dada por Bohr para resolver o problema da instabilidade atômica: *O modelo proposto por Bohr possui alguns avanços em relação ao modelo proposto por Rutherford. O átomo de Rutherford possuía um problema de emissão contínua de energia, e conseqüentemente, colapso dos elétrons com o núcleo. Como Bohr solucionou esse problema de instabilidade atômica?* Percebe-se que alguns alunos conseguiram se apropriar de determinado conhecimento científico, entendendo o postulado proposto por Bohr, assim como o objetivo do postulado.

Aluno A1: *“O modelo de Rutherford possuía um problema de emissão de energia constante, gerando uma colisão do elétron com o núcleo (...) Bohr desenvolveu um sistema de quantização do átomo para resolver.”*

Aluno A8: *“Bohr propôs que para o elétron sair de uma camada para outra precisa ganhar ou perder uma energia quantizada.”*

Aluno A10: *“A quantização da energia foi o que resolveu o problema.”*

A segunda questão se refere diretamente a quantização, buscou-se saber qual o entendimento do aluno sobre o tema: *O que você entende por quantização?* De maneira geral percebe-se que houve apropriação do conceito por parte dos alunos.

Aluno A1: *“Quantização significa valor exato, apropriado (...) por exemplo energia quantizada é um valor determinado de energia, que não pode ser qualquer valor.”*

Aluno A22: *“São quantidades bem definidas, que não podem ser qualquer uma”.*

A terceira questão argumenta sobre as limitações do modelo proposto por Bohr: *Não temos um acesso visual à estrutura de um átomo, dessa forma ele sempre foi estudado por meio de modelos propostos por cientistas, baseados em resultados experimentais. O átomo de Bohr explica bem o comportamento da matéria em diversas situações, porém apresenta problemas em alguns casos. Fale sobre as limitações do átomo de Bohr.* Os alunos não conseguiram elaborar uma ideia escrita de forma satisfatória, tiveram diversas dúvidas ao responder a questão. Por outro lado conseguiram expressar verbalmente, elaborando discursos importantes que indicam apropriação do conhecimento científico. Conseguiram compreender que Bohr, assim como outros, propôs um modelo para tentar explicar a constituição básica da matéria, baseado em argumentos científicos.

Aluno A1: *“O que o Bohr fez foi melhorar algo que outros já haviam feito (...) ele melhorou, não deixou perfeito, portanto vai ter limitações.”*

Aluno A2: *“Tudo que os cientistas fizeram foi tentar fazer analogias com coisas que a gente conhece e vê para tentar explicar aquilo que a gente não conhece e não vê (...) Foi uma tentativa”*

A parte III da intervenção abordou o tema Fluorescência. O debate coletivo feito inicialmente com situações presentes no cotidiano foi chamativo para que o aluno aumentasse o interesse no tema, uma vez que percebesse que o assunto está relacionado com seu cotidiano.

Ao longo das aulas propostas na parte III os alunos tiveram uma certa dificuldade em compreender os processos moleculares e o deslocamento de Stokes. Porém foram persistentes e demonstraram interesse em sanar as dúvidas, conseguindo assim a compreensão dos assuntos.

A produção textual entregue ao professor envolvia os seguintes temas: *Por que as substâncias fluorescentes devem ser iluminadas com luzes de uma cor específica para se mostrarem fluorescentes? Qual o comportamento dessas substâncias no que diz respeito ao comprimento de onda de emissão e excitação? Onde encontro aplicações desse fenômeno no meu cotidiano?* Os alunos demonstraram um enorme avanço no que se diz respeito a linguagem e conhecimento científico. Conseguiram se apropriar da linguagem científica. Relacionar o processo de fluorescência com quantização da energia. Entenderam a diferença entre os comprimentos de onda de emissão e absorção. Conseguiram relacionar com aspectos cotidianos.

Aluno A1: *“(...) Para observar por exemplo uma tinta fluorescente é preciso iluminar com luz negra, porque tem que ser um comprimento de onda específica. A luz branca do Sol não provoca fluorescência, ela não tem o comprimento de onda adequado.”*

Aluno A22: *“O comprimento de onda de emissão é maior que o de excitação, por isso observamos uma cor diferente da que iluminou”.*

Aluno A7: *“Podemos observar a fluorescência em várias situações: Na cédula de dinheiro, nos dentes, nos vaga-lumes...”*

Aplicou-se ainda uma atividade como forma de avaliação final abordando todo o conteúdo trabalhado. Os alunos receberam o material didático, intitulado material do aluno. Puderam estudar em casa com o material e foram oportunizados de sanarem possíveis dúvidas antes de fazerem a avaliação final.

A primeira questão discute cor de um corpo por reflexão: *Um estudante está*

usando uma camiseta que, vista à luz do Sol se apresenta amarela, tendo impressa na altura do peito a palavra FÍSICA em letras vermelhas. Como se apresentará a camiseta se o estudante entrar em um recinto iluminado exclusivamente por luz monocromática vermelha? Suponha que as cores do tecido foram produzidas pelas cores primárias do sistema RGB. A resposta esperada seria: A camisa aparecerá negra e as letras aparecerão vermelhas. Praticamente todos os alunos conseguiram acertar a questão, haja visto que o conteúdo já havia sido ensinado aos alunos em Óptica geométrica, meses antes.

A segunda questão tratava de características do modelo atômico de Bohr, onde o aluno deveria marcar as proposições corretas sobre o tema: *Assinale a(s) proposição(ões) que indicam características do modelo atômico de Bohr:*

Para fins de facilitação da análise contruiu-se o gráfico abaixo (figura 16).

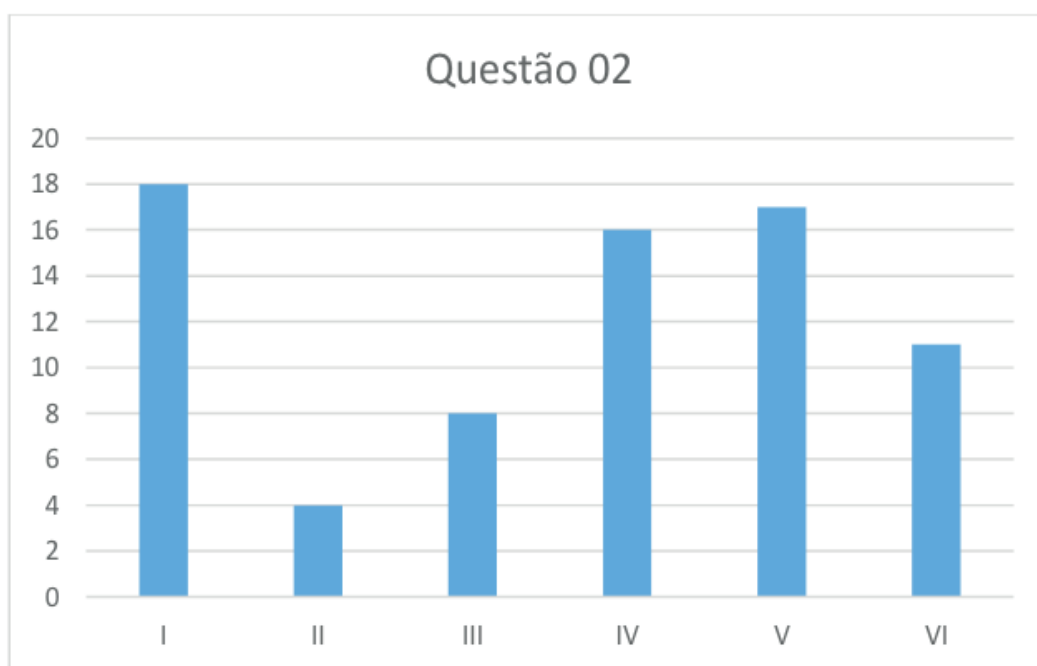


Figura 16 – Questão 02: Características do modelo atômico de Bohr, **I** - Os elétrons ocupam estados estacionários de energias fixas a diferentes distâncias do núcleo, **II** - Os elétrons descrevem orbitas elípticas em torno do núcleo, **III** - Os elétrons emitem radiação de forma espontânea, pois estão em constante movimento acelerado, **IV** - Os elétrons emitem radiação ao sofrer transição eletrônica entre dois estados, **V** - As transições eletrônicas podem ocorrer quando o elétron recebe uma quantidade de energia equivalente à diferença de energia entre dois estados, **VI** - Um elétron sofre transição eletrônica ao receber energia equivalente ao seu modo de vibração natural, sofrendo ressonância.

Fonte: Autor

Vários alunos conseguiram responder de forma satisfatória, acertando pelo menos uma proposição. As alternativas mais recorrentes são as corretas (I, IV e V). Vários alunos marcaram todas as alternativas como corretas.

A terceira e última questão trata do *experimento II*, que consiste na observação do fenômeno da fluorescência. O aluno devia explicar o fenômeno físico ocorrido: No experimento sobre fluorescência (*experimento II*) observou-se que a amostra

foi iluminada com uma determinada cor e emitiu uma coloração diferente. Explique esse fenômeno utilizando os conceitos de estados eletrônicos, transição eletrônica, quantização, excitação e emissão. Vários alunos perceberam instantaneamente, ao ler a questão, que se tratava da fluorescência, nesse momento puderam notar que ao final da última aula o experimento que não era compreendido se tratava da fluorescência, presente em diversas situações.

Os alunos conseguiram explicar o fenômeno utilizando os termos corretos de estados eletrônicos, transição eletrônica, quantização, excitação e emissão.

Aluno A1: *“A fluoresceína só emite a coloração esverdeada quando ligamos a luz azul que tem o comprimento de onda adequado ´pros´ elétrons sofrerem transição de um nível de energia para outro...”*

Aluno A19: *“As energias da molécula é quantizada, só sofre transição de energia quando recebe uma quantidade certa de energia (...) por isso o elétron só muda de estado de energia quando recebe um tipo de luz certa (...) quando o elétron volta pra outro nível emite luz”*

Foi possível verificar a potencialidade do material entregue ao aluno, uma vez que os resultados obtidos do questionário aplicado após a entrega do material foram satisfatórios.

“Não há saber maior ou saber menor. Existem saberes diferentes”. Paulo Freire

Em conversa informal com os alunos após o término das aulas pude perceber a empolgação de alguns alunos quanto as aulas da intervenção. As aulas de experimentos foram as preferidas dos alunos, a interação e envolvimento foi bem maior que o normal. A disposição dos estudantes ao acolherem a proposta foi fator de extrema importância para obter bons resultados na pesquisa.

Os métodos avaliativos utilizados, diferente das avaliações tradicionais, obtiveram enorme aceitação dos estudantes, além de bons resultados. A avaliação feita em todas as etapas da intervenção, seja pelas atividades impressas, participação, envolvimento com o trabalho, debates, permitiu alcançar um número maior de alunos, uma vez que apenas um instrumento avaliativo nem sempre contempla todos indivíduos, pois tende a avaliar poucas habilidades. Um aluno que, por exemplo, tem dificuldade nas avaliações escritas, mas tem grande habilidade verbal, pode ser prejudicado em avaliações únicas, que não contempla sua habilidade de verbalização.

Para aprender a aprender é preciso estar em permanente avaliação de aprendizagem. A ação avaliativa deverá estar sempre presente ao longo do processo, sendo ela mesma avaliada, renovando-se constantemente. Assim, é a própria construção do conhecimento que está em avaliação, verificando o construído, examinando significados, redirecionando caminhos, facilitando o avanço dos alunos na aquisição dos conhecimentos. (SILVA e MORADILLO, 2002, p. 7).

Os estudantes conseguiram relacionar conceitos prévios com o novo conhecimento adquirido. Percebe-se que houve aprendizagem significativa através da utilização das UEPS. Ao compreender o fenômeno da emissão de fluorescência de uma substância, observaram que nessa situação a cor observada não se tratava do processo de reflexão da luz, ou seja, adquiriram novas ideias que de alguma forma se relacionava com aspectos já existentes na sua estrutura cognitiva. Conseguiram a partir daí elaborar um discurso próprio para explicação do fenômeno, caracterizando uma aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2009, p. 30)

Foi possível identificar a importância de estabelecer uma relação com o cotidiano do aluno. O estudante passa a participar de forma mais eficiente nas aulas, buscando explicações científicas para suas experiências diárias. Ao abordar aplicações do tema de fluorescência vários alunos conseguiram identificar situações já observadas

anteriormente como por exemplo a verificação da veracidade de cédulas de dinheiro, tintas que são vistas somente sob iluminação de luz negra, entre outras.

Os experimentos realizados foram de extrema importância para todo o desenvolvimento do trabalho, principalmente no que diz respeito ao papel motivacional. Os alunos expressaram enorme interesse em explicar conceitualmente o que foi observado através dos experimentos. O *Experimento I* gerou enorme empolgação por se tratar de um tema já estudado: Cor de um corpo por reflexão. Puderam verificar algo já compreendido teoricamente. Em relação ao *Experimento II* sentiram-se desafiados a compreender a emissão de fluorescência. “*O melhor da Física é o experimento. A Física é justamente a explicação do Universo, das coisas que acontecem na prática.*” (Aluno A12)

O material de apoio didático destinado ao aluno, que se encontra no apêndice do trabalho, possui enorme potencialidade de ensino, uma vez que os resultados obtidos, com a avaliação final (apêndice III) e com as observações/anotações, apontam que os alunos conseguiram se apropriar da linguagem científica, compreender conceitos de quantização, níveis de energia, transições eletrônicas, além de formular discursos coerentes sobre o tema tratado, fato que anteriormente não foi observado.

A sequência didática quando bem formulada contribui de forma significativa para o trabalho em sala de aula, ou seja, a dedicação do professor na preparação do material culmina em resultados positivos. Nesse sentido as UEPS foram de extrema relevância para o trabalho. A forma como cada aula foi preparada, com aplicação de questionários, experimentos, debates e exposição, foi fundamental para o sucesso do trabalho.

Através da aplicação do questionário (apêndice I) é perceptível a falta de informação dos alunos no que se refere à temas de Física Moderna. Os estudantes não conseguiram fazer distinções simples entre temas de Física Clássica e Moderna. Faz-se necessária maior inserção de tópicos de FMC nas salas de aula. Dessa forma a nossa proposta de trabalhar o tema fluorescência é uma opção para inserção dos tópicos de FMC no Ensino Médio.

Ao final de toda a intervenção, após organizar todos os dados obtidos e analisá-los, fica o sentimento de dever cumprido, pela coerência com os objetivos principais da proposta: Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio através do tema Fluorescência. Trabalhando os temas: Modelo atômico de Bohr, níveis de Energia, transições eletrônicas e quantização. Proporcionando aprendizagem significativa aos estudantes, utilizando também a experimentação.

Cada escola, sala de aula e aluno possui suas particularidades, suas características específicas. Dessa forma, a sequência didática e o material didático destinado ao aluno apresentados neste trabalho podem e devem ser adaptados para cada realidade, com o objetivo de obter o melhor rendimento possível. Cabe ao professor ter a sensibilidade de perceber as características do ambiente escolar para preparar e executar a atividade.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Gerais para a Educação Básica**. Brasília, Conselho Nacional de Educação, 2008.

_____. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/Semtec, 2000.

_____. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN+ do Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

_____. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR**. Brasília: MEC/Semtec, 2016.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma caixinha para estudo de Espectros. **Física na Escola**. v. 3, n. 2, 2002

DOMINGUINI, L.; MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L. **Novas Abordagens do Conteúdo de Física Moderna no Ensino Médio Público do Brasil**. IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.

FRACALANZA, H.; NETO, J. M. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**. v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**. v. 7, n. 2, páginas. 249-263, 2001.

GASPAR, A; MONTEIRO I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. UNESP-SP **Investigações em Ensino de Ciências** – v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GODOY, A. S. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades. **RAE - Revista de Administração de Empresas**. v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GUNTHER, H. **Como elaborar um questionário**. Brasília: UNB, Laboratório de Psicologia Ambiental, 2003.

LEITE, D. O.; PRADO, R. J. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 34, n. 2, 2012

- MORAES, J. U. P.; JUNIOR, R. S. S. Experimentos didáticos no Ensino de física com foco na aprendizagem significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v. 4, n.3, p. 61-67, 2014.
- MOREIRA, D. A. **O método fenomenológico na pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002.
- MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 2006.
- MOREIRA, M. A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. 1.ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS, 2009.
- _____. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**. v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.
- OLIVEIRA, D. M.; NOVAES, C. G.; SILVA JUNIOR, L. J. C.; PEREIRA, R. S.; BEZERRA, M. A. Desenvolvimento de um fluorímetro artesanal e propostas para sua aplicação nas aulas práticas de disciplinas de Química analítica instrumental nos cursos de graduação. **Rev. Virtual Quim**. v. 7, n. 6. Dezembro 2015
- OLIVEIRA, C. L. **Um apanhado teórico-conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características**. Travessias. v. 2, n. 3. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2008.
- OLIVEIRA, R. I. R. GASTAL, M. L. A. **Educação formal fora da sala de aula – olhares sobre o ensino de ciências utilizando espaços não formais**. VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2009.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa em “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigação em Ensino de Ciências**. v. 5, n. 1, p 23 – 48, 2000.
- PAULO, I. J. C. de. **Elementos para uma proposta de inserção de tópicos de física moderna no ensino de nível médio**. Cuiabá: Instituto de Educação – UFMT, 1997. Dissertação de mestrado em educação.
- PAVONI, J. F.; JUNIOR, W. F. P. N.; SPIROPULOS, D. B. Uma montagem experimental para a medida de fluorescência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 36, n. 4, 4501, 2014.
- PEREIRA, O. S. **Raios cósmicos: introduzindo física moderna no 2º grau**. São Paulo: Instituto de Física e Faculdade de Educação – USP, 1997. Dissertação mestrado Ensino de Ciências.
- PIMENTEL, J. R.; SAAD, F. D.; YAMAMURA, P.; FURUKAWA, C. H.; ZUMPANO, V. H. Uma sugestão para a interação multidisciplinar: A observação do fenômeno da fluorescência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 31, n. 2, p. 365-384, ago. 2014.
- PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência e Educação**. v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.
- SARTORI, P. H. S.; LORETO, E. L. S. Medidor de fluorescência caseiro. **Química nova na escola**. Caseiro v. 31, n. 2, Maio 2009
- SILVA, G. S.; BRAIBANTE, M. E. F.; SCHMITZ, H. T.; PAZINATO, M. S.; TREVISANS, M. C. Oficina temática: uma proposta metodológica para o ensino do modelo atômico de Bohr. **Ciência & Educação**. Bauru, v. 20, n. 2, p. 481-495, 2014.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 32, n. 2, p. 378-406, ago. 2015

SILVA, J. L. P. B.; MORADILLO, E. F. Avaliação, ensino e aprendizagem de ciências. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 4, n. 1, Julho de 2002.

SOUTO, E.; VASCONCELOS, S. D. O livro didático de ciências no ensino fundamental – proposta de critérios para análise do conteúdo zoológico. **Ciência & Educação**. v. 9, n. 1, p. 93-104, 2003

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

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.

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO

Questionário

01. Física Moderna é o estudo da Física desenvolvido no final do século XIX e início do século XX. Assinale a(s) proposição(ões) que indicam temas da Física Moderna:

- () Indução Eletromagnética
- () Teoria da Relatividade
- () Efeito Fotoelétrico
- () Leis de Newton
- () Mecânica Quântica
- () O átomo de Bohr e as transições eletrônicas
- () Refração da Luz
- () Comportamento ondulatório da matéria
- () Termodinâmica

02. Você conhece o fenômeno da Fluorescência?

- () Sim () Não () Já ouvi falar/Conheço um pouco

03. A caneta marca-texto geralmente é utilizada para marcar o trecho de um texto, destacando-o visualmente. Sua cor possui certa diferença das canetas tradicionais, com uma coloração mais “viva” e brilhante. Qual das alternativas a seguir contém o assunto que lhe daria suporte para explicar o fenômeno onde a caneta emite aquela coloração característica?

- () Cor de um corpo por reflexão da luz
- () Efeito Fotoelétrico
- () Transições eletrônicas em átomos e/ou moléculas
- () Refração da luz em meios especiais

Exercícios de Verificação da Aprendizagem

01. O modelo proposto por Bohr possui alguns avanços em relação ao modelo proposto por Rutherford. O átomo de Rutherford possuía um problema de emissão contínua de energia, e conseqüentemente, colapso dos elétrons com o núcleo. Como Bohr solucionou esse problema de instabilidade atômica?

02. O que você entende por quantização?

03. Não temos um acesso visual à estrutura de um átomo, dessa forma ele sempre foi estudado por meio de modelos propostos por cientistas, baseados em resultados experimentais. O átomo de Bohr explica bem o comportamento da matéria em diversas situações, porém apresenta problemas em alguns casos. Fale sobre as limitações do átomo de Bohr.

Avaliação Final

01. Um estudante está usando uma camiseta que, vista à luz do Sol se apresenta amarela, tendo impressa na altura do peito a palavra FÍSICA em letras vermelhas. Como se apresentará a camiseta se o estudante entrar em um recinto iluminado exclusivamente por luz monocromática vermelha? Suponha que as cores do tecido foram produzidas pelas cores primárias do sistema RGB..

02. Assinale a(s) proposição(ões) que indicam características do modelo atômico de Bohr:

Os elétrons ocupam estados estacionários de energias fixas a diferentes distâncias do núcleo

Os elétrons descrevem orbitas elípticas em torno do núcleo

Os elétrons emitem radiação de forma espontânea, pois estão em constante movimento acelerado

Os elétrons emitem radiação ao sofrer transição eletrônica entre dois estados

As transições eletrônicas podem ocorrer quando o elétron recebe uma quantidade de energia equivalente à diferença de energia entre dois estados

Um elétron sofre transição eletrônica ao receber energia equivalente ao seu modo de vibração natural, sofrendo ressonância

03. No experimento sobre fluorescência (experimento II) observou-se que a amostra foi iluminada com uma determinada cor e emitiu uma coloração diferente. Explique esse fenômeno utilizando os conceitos de estados eletrônicos, transição eletrônica, quantização, excitação e emissão.

APÊNDICE IV – MATERIAL DO ALUNO

O Fenômeno da Fluorescência

A fluorescência está presente em várias situações do seu cotidiano. Em tintas de canetas, denominadas caneta marca-texto que contém pigmentos fluorescentes. Em alguns adesivos que “brilham no escuro” também percebemos a fluorescência. Na verificação da autenticidade de cédulas de dinheiro, pode-se utilizar da fluorescência, onde a nota deve “brilhar” ao ser iluminada com um tipo de luz específica. O mesmo vale para alguns documentos como cartões de crédito, carteira de habilitação e outros.



Figura 1 – Materiais com coloração verde fluorescente quando iluminadas com luz adequada.

Fonte: <http://www.photoindustrial.com>



Figura 2 - Maquiagem com coloração fluorescente quando iluminada com luz adequada.

Fonte: <http://sciencuriosities.blogspot.com.br>

Mas como ocorre esse fenômeno? Como pode uma tinta não ser visível pra nós e ao ser iluminada com uma luz diferente passar a ser visível? Vamos então à busca das respostas a estas questões.

Para tanto devemos percorrer um caminho onde iremos aprender várias propriedades da natureza do universo em que você vive. Aproveite o material, tire dúvidas com o seu professor, faça pesquisas sobre os temas aqui abordados. Você vai se surpreender ao entender como funciona parte do mundo ao seu redor!

A cor de um corpo por reflexão

Luz é o nome dado a uma pequena parte da radiação eletromagnética. A luz branca (Luz emitida pelo sol ou por uma lâmpada incandescente) é constituída por uma infinidade de luzes monocromáticas, as quais podem ser divididas em sete

cores principais: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

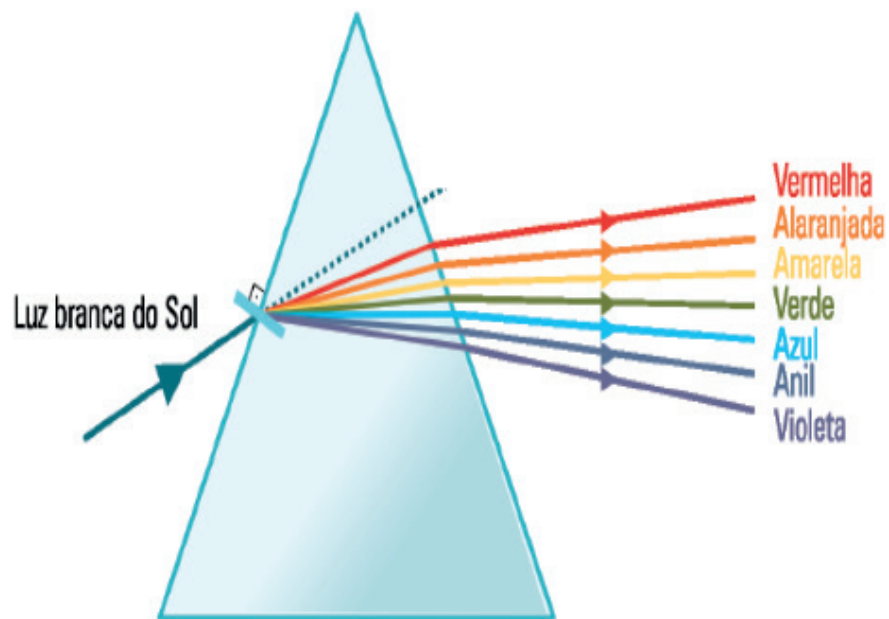


Figura 3 – Decomposição da luz branca

Fonte: Elaborado pelo autor

A cor que um corpo apresenta por reflexão é determinada pelo tipo de luz que ele reflete. Por exemplo, as folhas de uma árvore quando iluminadas pela luz solar nos parecem verdes! Isso ocorre porque essas folhas “selecionam” (refletem) dentre aquelas contidas na luz solar (branca) principalmente a cor verde. As demais cores componentes da luz branca são predominantemente absorvidas pelas folhas.

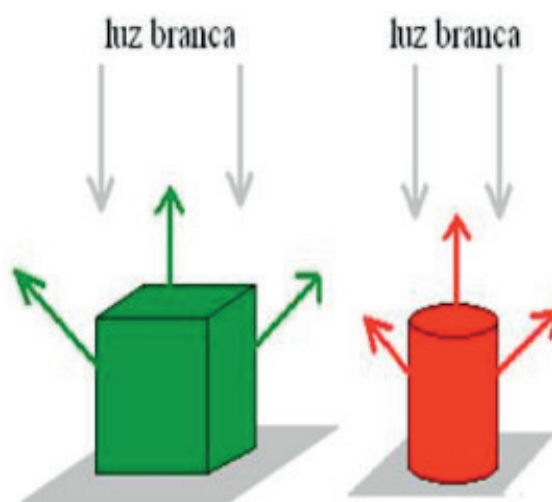


Figura 4 – Cor de um corpo por reflexão da luz.

Fonte: <http://alunosonline.uol.com.br/fisica/cor-dos-objetos.html>

Atenção para os seguintes pontos:

- Se “vemos” um corpo branco sob iluminação natural, é porque ele está refletindo todas as cores do espectro solar;
- Se “vemos” um corpo preto sob iluminação natural, é porque ele está absorvendo todas as cores do espectro solar;
- Um corpo que nos parece, por exemplo, vermelho quando iluminado por luz branca nos parecerá escuro quando iluminado por luz monocromática de cor diferente da vermelha (azul, por exemplo).

Por que o Céu é azul?

Você já parou pra pensar nessa pergunta? A explicação pode ser dada a partir do fenômeno de espalhamento da luz na atmosfera.

Sabe-se que a luz solar é uma luz branca composta por várias outras tonalidades de cor, cada qual com um comprimento de onda específico.

O que ocorre é que quando a luz penetra na atmosfera terrestre ela atinge as moléculas de nitrogênio e oxigênio, bem como as outras partículas que compõem a atmosfera. Um feixe de luz que incide sobre uma molécula e aumenta o movimento oscilatório de seus elétrons. Os elétrons oscilantes reemitem a luz em diversas direções, a luz é espalhada.

Devido ao seu pequeno tamanho e estrutura, as minúsculas moléculas presentes na atmosfera difundem melhor as ondas com os menores comprimentos de onda, tais como o azul e violeta.

Durante todo o dia a luz azul (menor comprimento de onda) é dispersa cerca de dez vezes mais que a luz vermelha (maior comprimento de onda). A luz azul tem uma frequência que é muito próxima da frequência de ressonância das moléculas da atmosfera, por isso a luz azul movimentada os elétrons nas camadas atômicas com muito mais facilidade que as demais cores. Isso faz com que a luz azul seja espalhada em todas as direções, razão pela qual enxergamos o céu azul.

Por que o Pôr-do-Sol é vermelho?

A luz que não é espalhada é transmitida. Como as luzes: vermelha, laranja e amarela são as menos espalhadas pela atmosfera, elas são as que melhor se transmitem através do ar.

Quando o Sol está no horizonte, a luz percorre um caminho muito maior através da atmosfera para chegar aos nossos olhos do que quando está sobre as nossas cabeças (ao meio-dia). A luz nesse caminho foi dispersa quase integralmente, a atmosfera serve como um filtro, e pouquíssima luz azul chegam até nós, enquanto a luz vermelha, que é apenas transmitida, nos alcança mais facilmente, razão pela qual enxergamos o Pôr-do-sol vermelho.

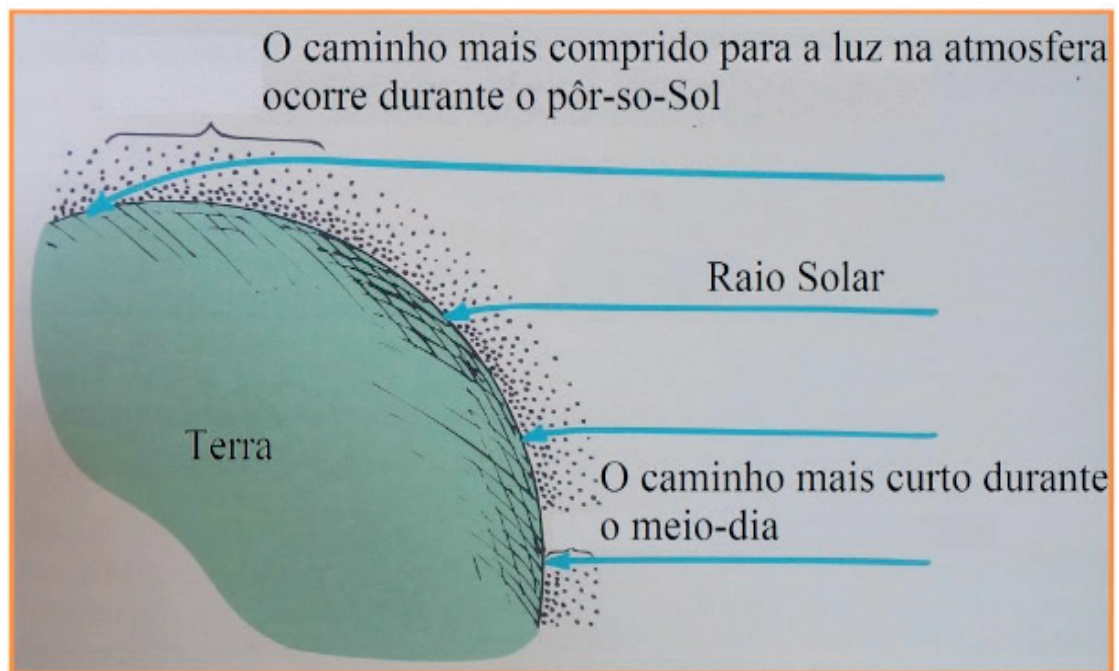


Figura 5 – Caminho percorrido pela luz do Sol ao atingir a atmosfera terrestre

Fonte: HEWITT, 2002 p. 463.

Quando observamos um material pela sua fluorescência, o fenômeno que ocorre não é a reflexão da luz. É um comportamento quântico da matéria. Para entendermos vamos continuar o nosso estudo.

Modelo Atômico de Bohr

Entendemos o átomo como sendo a parte mais elementar da matéria. Sabe-se que o átomo é formado por um núcleo central, com prótons e nêutrons, rodeado por um arranjo complexo de elétrons.

Em 1913, Niels Bohr formulou o bem conhecido modelo planetário do átomo,

aplicando a teoria quântica de Planck e Einstein ao átomo de Rutherford.

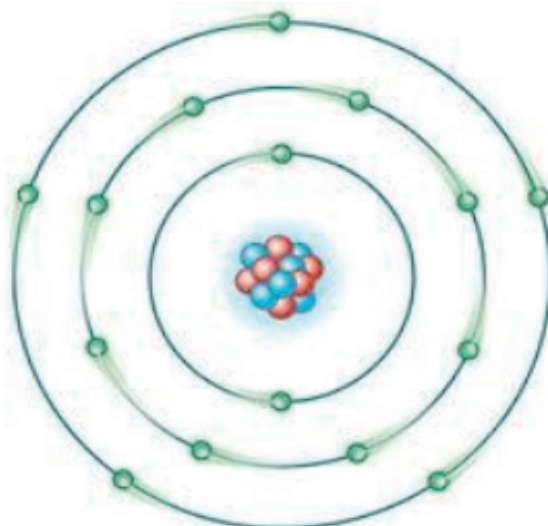


Figura 6 – Modelo para a estrutura de um átomo

Fonte: <https://quimica-hcb.wikispaces.com/estrutura+atomica>

No modelo planetário do átomo, Bohr considerou que os elétrons ocupassem estados estacionários de energias fixas a diferentes distâncias do núcleo.

Chamamos de “estados” as órbitas eletrônicas possíveis em torno do núcleo, ocupada por elétrons.

Dizemos “estados estacionários” no sentido de ser estável: O átomo pode permanecer indefinidamente.

Outra definição importante é a de “estado fundamental”, que corresponde ao estado estacionário de menor energia no átomo.

Para o elétron sair de um estado estacionário e atingir outro, chamado de estado excitado, é necessário receber ou perder uma determinada quantidade de energia, denominado *quantum* de energia, ou fóton de energia. Tal fóton pode ser considerando um “pacote de energia”, igual à diferença de energias correspondentes entre os dois estados.

A diferença de energia entre dois estados, segundo Bohr, é determinada por:

$$\Delta E = hf$$

Onde f é a frequência da radiação (fóton) e h é constante de Planck, que no SI vale:

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

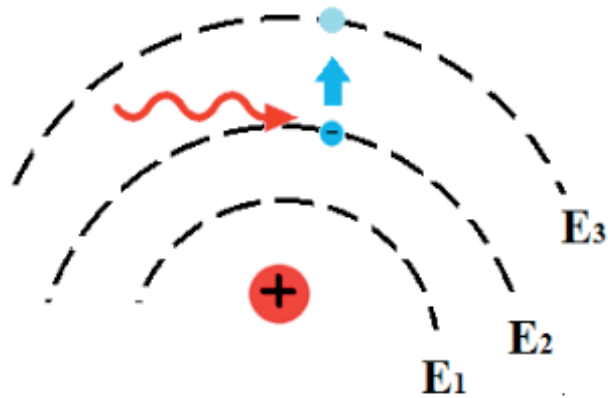


Figura 7 - O elétron “saltará” do nível E2 para o nível E3 se absorver um quantum de energia.

Fonte: BISCUOLA, 2014, p.356.

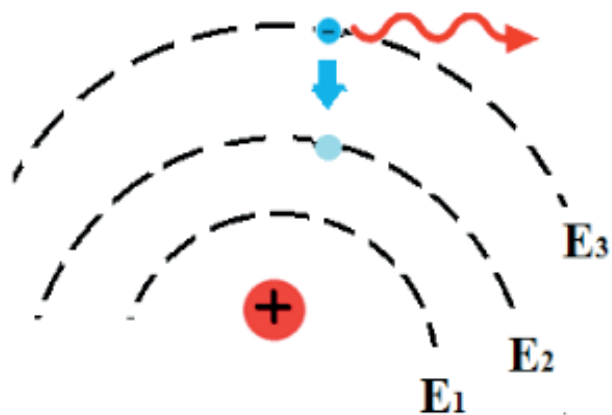


Figura 8 - O elétron retorna do nível de energia E3 para o nível E2, o elétron emite um quantum de energia.

Fonte: BISCUOLA, 2014, p.356.

Podemos dizer que o elétron realiza “saltos quânticos” ao ir de um estado a outro. A energia, segundo Bohr, é quantizada. Ou seja, possuem valores bem definidos, valores exatos.

Bohr estabelece que em um átomo a energia dos elétrons é quantizada.

O modelo atômico de Bohr resolvia o seguinte problema fundamental: Um elétron acelerado orbitando em torno do núcleo deveria irradiar energia continuamente na forma de onda eletromagnética, ou seja, ele perderia energia até sofrer colisão com o núcleo, o átomo seria instável.

Bohr rompeu com a física clássica ao estabelecer (postular) que um elétron não irradia luz enquanto acelera em torno do núcleo numa órbita simples, mas que a irradiação acontece apenas quando o elétron realiza um salto quântico.

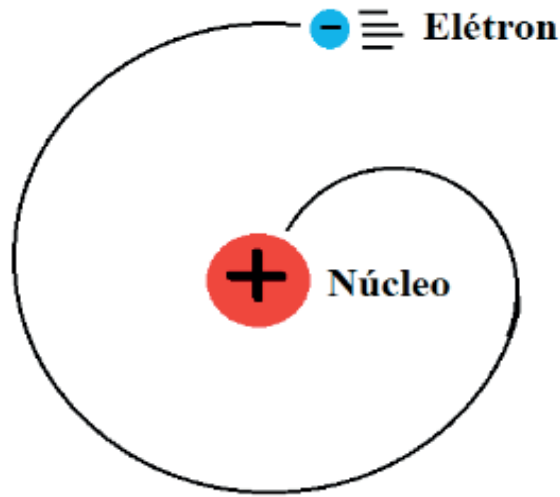


Figura 9 –Colapso atômico
Fonte: BISCOOLA, 2014, p.356.

Bohr observou que seu modelo de elétrons em torno do núcleo como fazem os planetas em torno do Sol, não deveria ser tomado de forma literal. Fato que os divulgadores da ciência não se atentaram.

As órbitas bem definidas de seu modelo eram representações conceituais, as descrições posteriores para a estrutura do átomo ficariam por conta de mecânica quântica.

Suas ideias referentes aos saltos quânticos continuam fazendo parte da teoria moderna atual do átomo.

Uma analogia para entender as transições eletrônicas do Átomo de Bohr

Os estados estacionários de energia (níveis permitidos de um átomo) podem ser comparados aos degraus de uma escada. Quando radiação eletromagnética incide em um átomo, um elétron desse átomo só pode absorver a energia se esta for exatamente igual a quantidade de energia necessária para o elétron saltar de um nível permitido para outro. Caso contrário ele não absorve. Observe a seguir um elétron que absorve energia e salta do estado fundamental de energia E_1 , para o estado excitado, de energia E_4 .

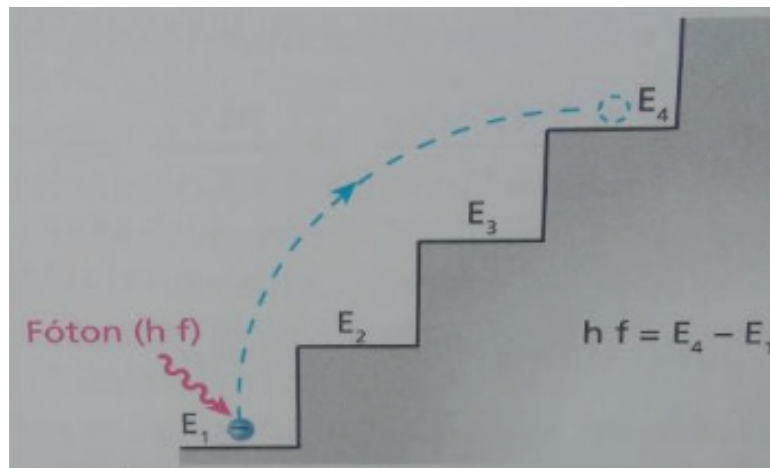


Figura 10 –O elétron recebe energia e salta do nível E_1 para o nível E_4

Fonte: BISCUOLA, 2014, p.356.

O nível para onde o elétron salta depende da energia absorvida. Estando o átomo já excitado, o elétron retornará ao estado fundamental, pois o estado excitado é instável. Existe uma probabilidade de esse retorno acontecer num único salto, caso o elétron emita toda a radiação recebida. Nesse caso a energia emitida (fóton) é a mesma incidente, isto é, do fóton que causou a excitação.

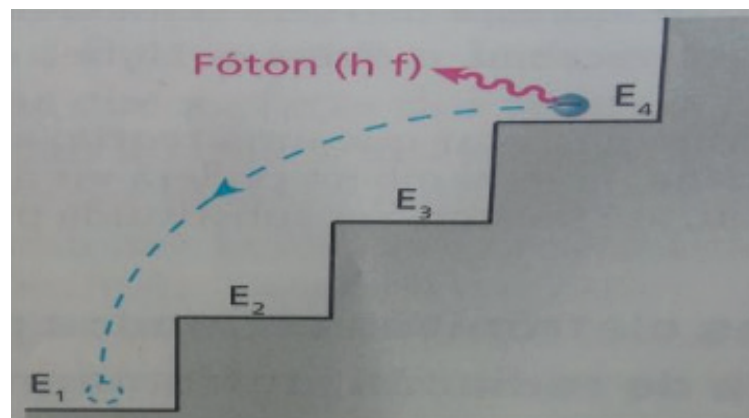


Figura 11–O elétron emite toda energia recebida e volta do nível E_4 para o nível E_1 de energia

Fonte: BISCUOLA, 2014, p.356.

Existe também uma probabilidade de o elétron retornar por etapas do estado excitado para o estado fundamental. Quando isso ocorre, ele dá mais de um salto, passando por níveis intermediários. Em cada salto o elétron emite um fóton de energia menor que a do fóton que ele havia absorvido na excitação. A soma das energias de todos os fótons emitidos é igual à energia do fóton incidente (absorvido inicialmente).

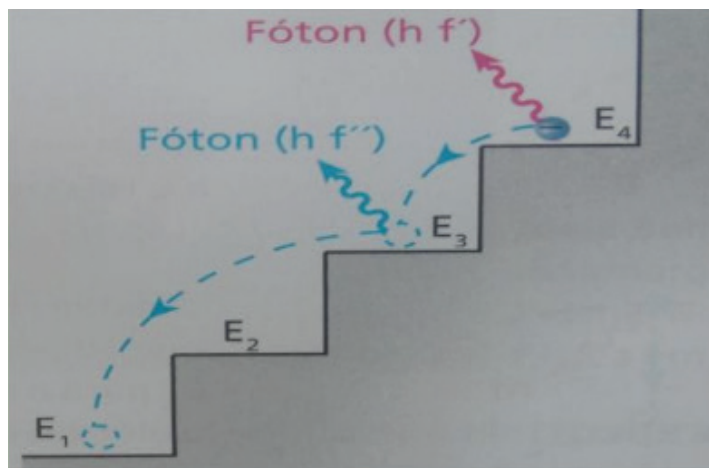


Figura 12– O elétron emite radiação e volta ao nível E₁ de energia por etapas

Fonte: BISCOLOLA, 2014, p.356

As frequências emitidas em cada salto individual são menores que a frequência original de excitação. Isso significa que um átomo pode ser excitado por luz de determinada frequência e emitir luzes com frequências mais baixas.

O modelo de Bohr explicou as propriedades químicas gerais dos elementos, previu elementos que estavam faltando, resolveu o mistério dos espectros quantizados emitido por átomos e forneceu um modelo útil do átomo.

FLUORESCÊNCIA

O fenômeno da fluorescência é o resultado da interação da radiação (luz) com a matéria, com algumas características particulares. É um processo de emissão de luz que ocorre durante uma relaxação molecular, a partir de estados excitados de energia. Já conhecemos o modelo de transição energética para um átomo (modelo atômico de Bohr), vamos agora entender como funciona para uma molécula.



Figura 13 – Objetos fluorescentes

Fonte: <http://tudosobrequimica.blogspot.com.br>

MOLÉCULAS

Uma molécula é a menor quantidade de uma substância, sendo formada por dois ou mais átomos mantidos juntos pelo compartilhamento de elétrons. Uma molécula pode ser tão simples como a combinação de dois átomos de oxigênio (O_2), ou de dois átomos de hidrogênio com um átomo de oxigênio para produzir uma molécula de água (H_2O).

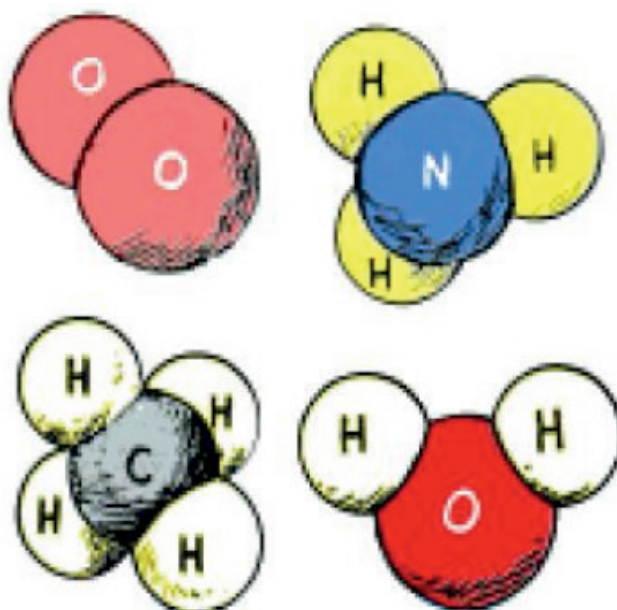


Figura 14 –Modelo de moléculas simples.

Fonte: HEWITT, 2002 p. 208.

Cada átomo possui sua própria eletrosfera, quando esses átomos se unem para formar uma molécula suas respectivas eletrosferas encontram-se interagidas entre si e constituem uma nuvem eletrônica molecular.

As transições eletrônicas de energias ocorrem agora na nuvem

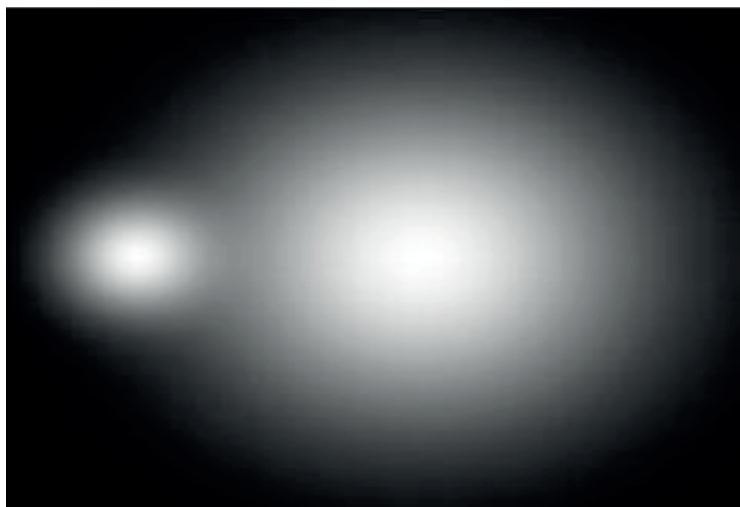


Figura 15 - Distribuição da nuvem eletrônica numa molécula de cloreto de sódio (NaCl). Onde a maior densidade é vista à direita, ao redor do átomo de Cloro.

Fonte: <http://www.infoescola.com/quimica/molécula>

Moléculas fluorescentes possuem a propriedade de, quando estimuladas pela energia de uma radiação eletromagnética (luz) de comprimento de onda adequado, reemitem parte dessa energia sob a forma de radiação. Ou seja, ao receber uma radiação com frequência que equivale à diferença de energia entre dois estados, faz com que os elétrons saltem para o nível de maior energia.

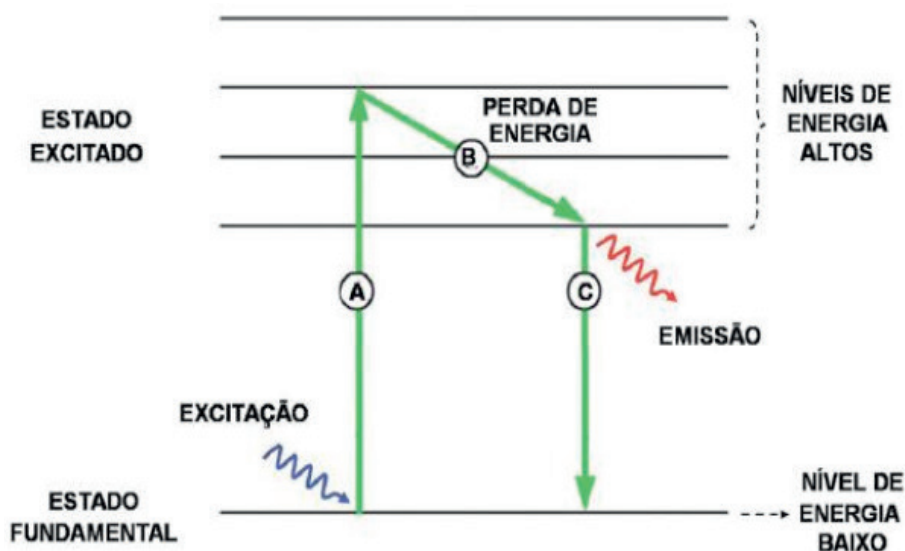


Figura 16 –Diagrama do processo de fluorescência. **A**– O Elétron salta para um nível de maior energia ao ser estimulado com radiação específica. **B**– Perda de energia geralmente por vibração molecular e calor. **C** – Retorno ao estado fundamental com emissão de radiação.

Fonte: SARTORI, 2009, p.150.

O elétron promovido para um nível mais alto, excitado, é instável, ou seja, o elétron não se mantém nesse estado, perde uma pequena parte de sua energia, indo para um nível intermediário de energia. A energia no nível intermediário é menor que a energia no estado excitado, porém maior que no estado fundamental. Com o elétron já no estado intermediário, esse perde energia, podendo retornar ao estado fundamental emitindo uma radiação correspondente à diferença de energia entre esses dois estados.

Da figura 17 percebe-se que a energia hf_1 , que corresponde a excitação, é maior que a energia a hf_2 , que corresponde a emissão. As frequências são diferentes, ou seja, a luz que serviu como fonte de excitação é diferente da luz emitida pela substância.

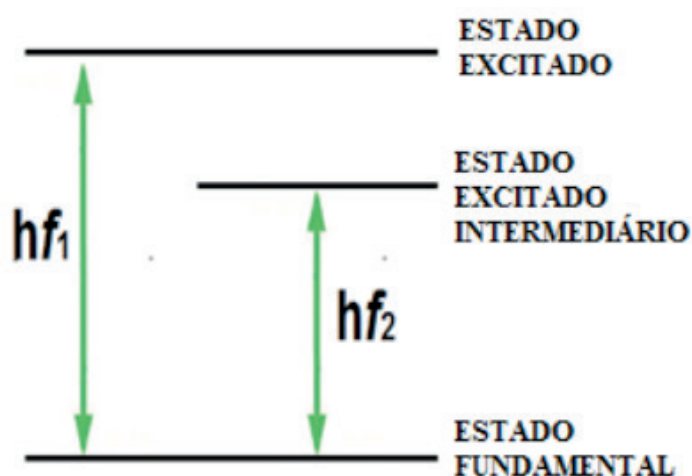


Figura 17-Esquema Simplificado entre as diferenças de energias dos estados.

Fonte: Elaborado pelo autor

A luz emitida é diferente da luz que excitou a substância fluorescente, ou seja, as radiações possuem diferentes comprimentos de onda. Cada molécula possui um comprimento de onda de excitação e emissão característico. A separação entre eles é chamada deslocamento de Stokes.

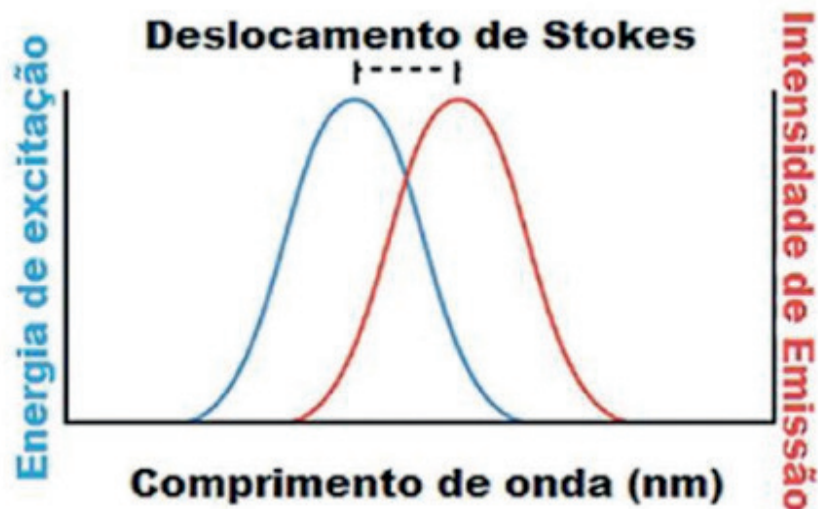


Figura 18 – O deslocamento de Stokes da excitação e emissão em amostras fluorescentes.

Fonte: PAVONI, 2014, p. 2.

Atenção para os seguintes pontos:

De forma resumida...

- Primeiramente ocorre excitação por uma fonte externa com energia específica, o elétron salta para um nível mais energético.
- Nessa etapa lembramos que o estado excitado para moléculas fluorescentes é instável, fazendo com que o elétron decaia para um nível intermediário de energia, perdendo parte da energia que adquiriu por processos não radiativos.
- Na fase final, o retorno ao estado fundamental, ocorre dissipação de energia através da radiação, ou seja, a fluorescência propriamente dita.
- A energia da radiação emitida é sempre menor que a energia da radiação que excitou a substância.

Chegamos ao nosso objetivo, conseguimos entender como ocorre o fenômeno de fluorescência. Vamos observar algumas aplicações presentes no nosso cotidiano.

Clorofila

As clorofilas são moléculas que atuam como pigmentos fotossintéticos (realizam fotossíntese) presente principalmente em plantas, hortaliças e algas marinhas. A coloração verde das plantas é devida presença da clorofila. Quando iluminada com luz branca ou monocromática próxima ao azul e ao violeta exibe coloração verde.

Tintas de canetas

Algumas tintas de cores vivas contêm pigmentos fluorescentes. As chamadas canetas marca-texto são utilizadas com intuito de destacar ou realçar alguma informação em um texto. Tais canetas podem se apresentar amarelas, alaranjadas, esverdeadas, azuladas, etc. Quando iluminadas com luz apropriada. Outras tintas ficam invisíveis à luz branca natural, sendo vistas apenas quando iluminadas com luz “Negra”, que possui a energia adequada para provocar o fenômeno de fluorescência.



Figura 19 –Tinta fluorescente.

Fonte: <https://glow-moments.pt/tintas-fluorescentes-po-colorido>

Escorpiões

O Fenômeno da fluorescência está presente em espécies de escorpiões. Quando se faz incidir radiação Ultravioleta sobre escorpiões, sua coloração natural muda para um surpreendente e intenso “verde-neon”.



Figura 20 –Escorpião iluminado com UV

Fonte: <https://historiasnaturais.wordpress.com/2012/10/27/o-brilho-do-escorpiao>

Dentes e Unhas

As camadas mais externas do dente são o esmalte e a dentina. Os dentes naturais geralmente são amarelados, ao serem excitados pela radiação Ultravioleta (UV) tornam-se branco-azulados. A incidência de UV nos dentes também permite revelar a presença de restaurações, aparecendo nesses locais manchas cinzentas, contrastando com o branco azulado da fluorescência. As unhas são constituídas de queratina, uma proteína fibrosa presente também no cabelo. As unhas dos pés e das mãos são fluorescentes. Assim como nos dentes tornam-se branco-azuladas quando expostas ao UV.

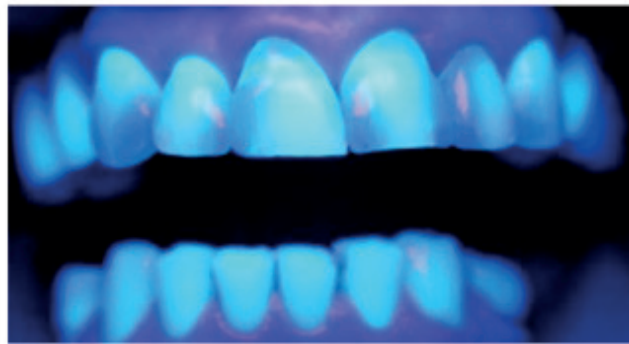


Figura 21 –Dentes iluminados com UV.

Fonte: <https://formacioncontinuadaodontologia.wordpress.com/tag/fotografia-dental/>

Rochas e minerais

O ramo da ciência chamado Mineralogia emprega, entre outras técnicas, a luz ultravioleta para identificar e classificar minerais. O fenômeno da fluorescência se manifesta em alguns minerais que brilham quando iluminados com radiação UV.

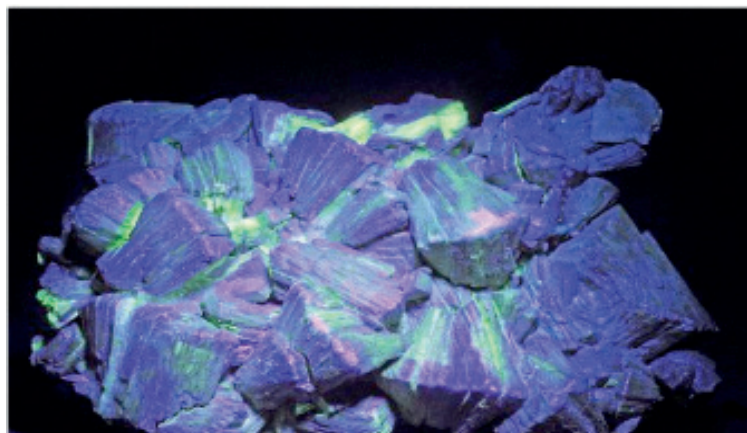


Figura 22 –Rocha iluminada com UV

Fonte: <http://popscience.com.br/minerais-direto-da-brilhantina-os-fluorescentes>

Água tônica

A água tônica apresenta-se incolor quando iluminada com luz branca, mas ao ser iluminados com radiação Ultravioleta percebe-se uma resplandecente coloração azulada. Na sua composição tem-se o alcalóide quinino, responsável por seu sabor amargo, substância essa responsável também pela fluorescência da água tônica.

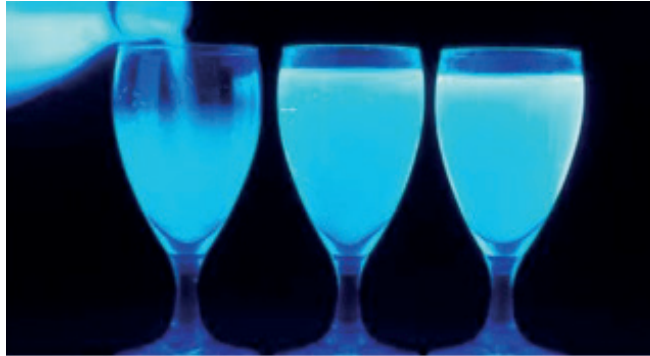


Figura 23 –Água Tônica iluminada com UV

Fonte: <http://www.eleconomista.es/evasion/tendencias/3790762/03/12/Gin-tonic-fluorescente.html>

Sabão em pó e Alvejante

Algumas marcas de sabão em pó e alvejante contém em sua fórmula substâncias que são fluorescentes e ficam impregnadas nas fibras das roupas após o processo de lavagem. Roupas lavadas com esses produtos e expostas ao Ultravioleta (seja de uma lâmpada de luz negra ou do Sol) mostram-se “brilhantes brancas” e podem parecer mais limpas se comparadas com roupas lavadas com sabão convencional.



Figura 24 –Cena do filme “A teoria de tudo”. Roupas lavadas com sabão em pófluorescentes estão sendo iluminada com UV

Fonte: <http://www.dailymail.co.uk/tvshowbiz/article-2803582/>

Cédulas de dinheiro e Cartões de Crédito

Dentre os elementos de segurança presentes nas cédulas de dinheiro, temos a presença de marcas e figuras que somente são visíveis com a radiação ultravioleta, podendo assim aferir a autenticidade da cédula. O mesmo observa-se em cartões de crédito, que quando iluminados com UV tornam-se visíveis letras correspondentes ao nome da operadora do cartão.



Figura 25 –Cédula iluminada com UV

Fonte: PIMENTEL, 2014, P. 379.

Documentos

Alguns documentos são impressos em papéis especiais com marcas de segurança somente visíveis com radiação ultravioleta. Os passaportes exibem filetes esbranquiçados nas suas páginas. As CNH (Carteira de Habilitação Nacional) revelam estrelas de cinco pontas e a inscrição da CNH quando iluminada com radiação ultravioleta.



Figura 26 –Carteira Nacional de Habilitação iluminada com UV

Fonte: PIMENTEL, 2014, P. 380.

Espero que tenham aprendido um pouco mais sobre a Física. Volte ao material, releia, faça pesquisas relacionadas aos temas aqui abordados. Mostre o que você aprendeu transmitindo esse conhecimento, afinal, estamos falando sobre o mundo em que vivemos!

REFERÊNCIAS

LONDERO, L. O Modelo Atômico de Bohr e as Abordagens Para seu Ensino na Escola Média. **Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 9, n. 1, p. 13 – 37, 2014.

PEDUZZI, L. O. Q. BASSO, A. C. Para o ensino do Átomo de Bohr no Nível Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 545 – 557, 2005.

PAVONI, J. F. NEVES-JUNIOR, W. F. P. SPIROPULOS, M. A. ARAÚJO D. B. Uma Montagem Experimental para a medida de fluorescência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, 4501, 2014.

PIMENTEL, J. R. SAAD, F. D. YAMAMURA, P. FURUKAWA, C. H. ZUMPANO, V. H. Uma sugestão para a Interação Multidisciplinar: A Observação do Fenômeno da Fluorescência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 365 – 384, 2014.

SARTORI, P. H. S. LORETO, E. L. S. Medidor de Fluorescência caseiro. **Química Nova na Escola**. V. 31, n. 2, p. 150 – 154, 2009.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BISCUOLA, G. J. BÔAS, N. V. DOCA, R. H. **Conecte Física, 3: Física**. 2.ed.. São Paulo: Saraiva, 2014.

SOBRE O AUTOR

Gustavo Almeida e Silva: Possui graduação em Física pela Universidade Federal de Goiás – UFG (2013).

Possui Mestrado em ensino de Física (2017), também pela Universidade Federal de Goiás – UFG.

Atualmente (2020) cursa Doutorado em Física pelo Instituto de Física da Universidade Federal de Goiás – UFG, com ênfase na área de Biofísica (Estudando a ação de sondas fluorescentes em membranas lipídicas modelos, utilizando técnicas relacionadas ao fenômeno da fluorescência). Com previsão de término em 2022/1

Professor concursado da rede Estadual de ensino de Goiás desde 2019.

Professor da rede particular de ensino desde 2011.

E-mail: gustavo.almeida.silva@hotmail.com

 **Atena**
Editora

2 0 2 0