UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA

RENAN COSTA LOYOLA

UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA APLICANDO AS CIÊNCIAS FORENSES AO ENSINO DE FÍSICA MODERNA PARA O ENSINO MÉDIO

VITÓRIA/ES
2022

RENAN COSTA LOYOLA

UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA APLICANDO AS CIÊNCIAS FORENSES AO ENSINO DE FÍSICA MODERNA PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis) do Centro de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Espírito Santo, no curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como requisito parcial necessário à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto.

VITÓRIA/ES
2022

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

---

Loyola, Renan Costa, 1978-

L923p Uma proposta de unidade de ensino potencialmente significativa aplicando as ciências forenses ao ensino de física moderna para o ensino médio / Renan Costa Loyola. - 2022.

161 f. : il.

Orientador: Breno Rodrigues Segatto.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Aprendizagem Significativa. 2. UEPS. 3. Física Moderna. 4. Física Forense. 5. Ensino Médio. I. Segatto, Breno Rodrigues. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍPITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

"UMA PROPOSTA DE UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA APLICANDO AS CIÊNCIAS FORENSES AO ENSINO DE FÍSICA MODERNA PARA O ENSINO MÉDIO"

RENAN COSTA LOYOLA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis) do Centro de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Espírito Santo, no curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como requisito parcial necessário à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 24 de março de 2022.

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
gov.br BRENO RODRIGUES SEGATTO
Data: 27/03/2023 12:58:57-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto
(Orientador: PPGEnFis/UFES)

Documento assinado digitalmente
gov.br FERNANDO JOSE LIRA LEAL
Data: 25/03/2023 21:28:36-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Fernando José Lira Leal
(Membro Externo: IFES/Campus Cariacica)

Documento assinado digitalmente
gov.br CARLOS AUGUSTO CARDOSO PASSOS
Data: 27/03/2023 12:52:59-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Carlos Augusto Cardoso Passos
(Membro Interno: PPGEnFis/UFES)

Documento assinado digitalmente conforme descrito no(s) Protocolo(s) de Assinatura constante(s) neste arquivo, de onde é possível verificar a autenticidade do mesmo.

Dedico este trabalho à minha amada esposa Rosilene Rocha da Silva Loyola e as minhas queridas filhas Rafaela da Silva Loyola e Rihana da Silva Loyola, que sempre me apoiaram nos estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, autor da vida, pela oportunidade de participar desta formação acadêmica, me fortalecendo e iluminando durante toda a trajetória de trabalho.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos, que sempre me apoiaram e torceram por mim. Em especial, agradeço à minha família, esposa e filhas, que estiveram comigo nesta caminhada, abrindo mão do tempo de convívio comigo para que eu pudesse estar estudando e realizando a pesquisa. Agradeço à minha esposa Rosilene Rocha da Silva Loyola, meu grande amor, que sempre foi uma incentivadora que não poupou esforços para que eu tivesse as condições necessárias para poder desenvolver o trabalho. Minha gratidão também a Rafaela da Silva Loyola e Rihana da Silva Loyola, minhas lindas filhas, que souberam compreender os momentos de ausência nesta etapa da minha vida.

Um agradecimento muito especial ao meu orientador Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto que não se limitou a orientar este trabalho, mas foi um incansável incentivador e amigo durante esta jornada. Sua paciência e compreensão, diante de minhas limitações, foram para mim um oásis de incentivo para que eu não desistisse e continuasse o desenvolvimento dessa pesquisa, alcançando assim a sua conclusão. Na pessoa do meu orientador, estendo este agradecimento a todos os meus professores e ao corpo técnico do programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFES.

Agradeço aos meus colegas de trabalho do Departamento de Criminalística da Superintendência de Polícia Técnico Científica do Estado do Espírito Santo, em especial os lotados na Seção de Perícias em Registros Audiovisuais, que sempre me deram força e apoio para os estudos.

Agradeço a todos os estudantes, professores e corpo técnico-pedagógico do colégio Elza Lemos Andreatta e do Núcleo de Altas Habilidades da Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo, desenvolvido na UFES, por participarem dessa pesquisa, mesmo em meio às dificuldades impostas pela pandemia do covid-19.

À CAPES, por oportunizar esta formação extremamente qualificada através do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da UFES.

"Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes."

(Isaac Newton)

RESUMO

Este trabalho de pesquisa de mestrado descreve o desenvolvimento de uma proposta de sequência didática sobre conceitos de física moderna, com a utilização de um contexto forense para apresentar os fenômenos físicos aos alunos do ensino médio. O pressuposto teórico que pautou esta pesquisa foi a Teoria da Aprendizagem Significativa, que teve como o seu idealizador David P. Ausubel (1918-2008), na perspectiva de Marcos Antônio Moreira, onde valendo-se dos passos propostos para elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), se estruturou uma sequência didática para ser utilizada pelo professor de física no Ensino Médio. A partir da contextualização de casos relacionados às ciências forenses e investigação criminal, buscou-se despertar nos alunos o interesse em aprender significativamente conceitos de física moderna. Foram enfatizados no trabalho a apresentação do modelo atômico de Bohr, transições eletrônicas e níveis de energia, pontuando os fenômenos relacionados à luminescência e a interação luz-matéria. Os dados para análise foram coletados através de dois pré-testes, onde pode-se verificar as concepções prévias dos discentes sobre as ciências forenses e sobre os conceitos de física propostos para o trabalho. Após a aplicação das etapas da UEPS, onde foram utilizados como recursos instrucionais vídeos e simuladores computacionais, um pós-teste foi proposto com a intenção de se verificar o grau de evolução dos alunos na compreensão dos conceitos abordados e aplicados num contexto forense. Um questionário de opinião sobre a sequência também foi utilizado como meio para medir a contribuição do trabalho na aprendizagem dos estudantes. Os resultados que foram obtidos apontaram evidências de ter havido uma possível aprendizagem significativa, com a aquisição de alguns conceitos de física que foram discutidos durante o trabalho. No geral, os estudantes participantes da pesquisa demonstraram terem ampliado o interesse para estudarem os conceitos formais da disciplina de física, por intermédio da utilização da física aplicada às ciências forenses.

Palavras chaves: Aprendizagem Significativa. UEPS. Física Moderna. Física Forense. Ensino Médio.

ABSTRACT

This master's research work describes the development of a proposal for a didactic sequence on concepts of modern physics, using a forensic context to present physical phenomena to high school students. The theoretical assumption that guided this research was the Theory of Meaningful Learning, which had David P. Ausubel (1918-2008) as its creator, from the perspective of Marcos Antônio Moreira, where, taking advantage of the steps proposed for the elaboration of a Unit of Potentially Significant Teaching (UEPS), a didactic sequence was structured to be used by high school physics teachers. Based on the contextualization of cases related to forensic sciences and criminal investigation, we sought to awaken in students an interest in significantly learning concepts of modern physics. Emphasis was placed on the presentation of Bohr's atomic model, electronic transitions and energy levels, highlighting phenomena related to luminescence and light-matter interaction. Data for analysis were collected through two pre-tests, where students' previous conceptions about forensic sciences and about the concepts of physics proposed for the work could be verified. After the application of the UEPS stages, where videos and computational simulators were used as instructional resources, a post-test was proposed with the intention of verifying the degree of evolution of the students in understanding the concepts addressed and applied in a forensic context. A sequence opinion questionnaire was also used as a means of measuring the contribution of work to student learning. The results that were obtained showed evidence that there was a possible significant learning, with the acquisition of some physics concepts that were discussed during the work. In general, the students participating in the research demonstrated that they had increased their interest in studying the formal concepts of the discipline of physics, through the use of physics applied to forensic sciences.

Keywords: Meaningful Learning. UEPS. Modern Physics. Forensic Physics. High School.

LISTA DE SIGLAS

ABC – Associação Brasileira de Criminalística

ACADEPOL – Academia de Polícia

EEEFM –Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio

EJA – Educação de Jovens e Adultos

MI – Material Instrucional

PMES – Polícia Militar do Estado do Espírito Santo

PPGEnFis – Programa de Pós Graduação em Ensino de Física

SD – Sequência Didática

SEDU – Secretaria de Estado da Educação

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa

UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo atômico de Dalton, chamado de “bola de bilhar”. 27

Figura 2 - John Dalton (1766-1844). 27

Figura 3 - Diagrama do tubo catódico de J. J. Thomson. 28

Figura 4 - Diagrama do tubo catódico de J. J. Thomson. 29

Figura 5 - Modelo Atômico de Thomson – “Pudim de Passas”. 29

Figura 6 - Esquema do experimento de Rutherford. 30

Figura 7 - Ernest Rutherford (1871-1937). 30

Figura 8 - Modelo atômico proposto por Rutherford (1871-1937). 31

Figura 9 - Linhas escuras observadas por Fraunhofer no espectro solar. 32

Figura 10 - Os três tipos de espectros na classificação de Kirchhoff: o contínuo, o de emissão e o de absorção. 33

Figura 11 - Espectro do hidrogênio atômico na região do visível. 34

Figura 12 - A teoria clássica propunha que um elétron acelerado deveria emitir radiação continuamente, o que faria com que ele caísse no núcleo. 36

Figura 13 - Três dos níveis de energia de um átomo. 38

Figura 14 - Órbita circular de um só elétron em torno do núcleo. 39

Figura 15 - Recorte do Texto: São Ossos Humanos ou Não? 50

Figura 16 - Recorte do Vídeo: “Experimento com Luzes Forenses”. 51

Figura 17 - Recorte do Texto: Documentos e Cédulas Falsas ou Não? 51

Figura 18 - Recorte do Vídeo: “Polícia mostra como identifica documento e dinheiro falsos”. 52

Figura 19 - Recorte do Vídeo: “Tudo se Transforma, História da Química, História dos Modelos Atômicos”. 52

Figura 20 - Recorte do Vídeo: “O átomo de Bohr | Estrutura eletrônica de átomos | Química | Khan Academy”.....53

Figura 21 - Simulador Phet: Modelos do Átomo de Hidrogênio.....53

Figura 22 - Recorte do Vídeo: “Níveis de Energia Atômica – Fisica - KhanAcademy”. 54

Figura 23 - Simulador Phet: Moléculas e Luz.....55

Figura 24 - Recorte do Vídeo: “Mago da Física - Fontes de Luz: Fluorescência x Fosforescência”.....55

Figura 25 - Recorte do Vídeo: “COMO FUNCIONA A LÂMPADA FLUORESCENTE?”. 56

Figura 26 - Recorte do Vídeo: “CSI 1T E21 Efeito Luminol”.....56

Figura 27 - Recorte do Vídeo: “CSI 3T EP15 Efeito LuminolAgain”. 57

Figura 28 - Desenho feito pelo aluno A7. 74

Figura 29 - Desenho feito pelo aluno A9. 74

Figura 30 - Desenho feito pelo aluno A8. 74

Figura 31 - Desenho feito pelo aluno A6. 75

Figura 32 - Desenho feito pelo aluno A4. 75

Figura 33 - Desenho feito pelo aluno A2. 75

Figura 34 - Desenho feito pelo aluno A3. 76

Figura 35 - Desenho feito pelo aluno A1. 76

Figura 36 - Desenho feito pelo aluno A5. 76

Figura 37 - Desenho feito pelo aluno A11. 77

Figura 38 - Desenho feito pelo aluno A13. 77

Figura 39 - Desenho feito pelo aluno A15. 77

Figura 40 - Desenho feito pelo aluno A12. 78

Figura 41 - Desenho feito pelo aluno A8. 78

Figura 42 - Desenho feito pelo aluno A7. 79

Figura 43 - Desenho feito pelo aluno A9. 79

Figura 44 - Desenho feito pelo aluno A2. 79

Figura 45 - Desenho feito pelo aluno A3. 80

Figura 46 - Desenho feito pelo aluno A1. 80

Figura 47 - Desenho feito pelo aluno A5. 80

Figura 48 - Desenho feito pelo aluno A13. 81

Figura 49 - Desenho feito pelo aluno A14. 81

Figura 50 - Desenho feito pelo aluno A16. 81

Figura 51 - Desenho feito pelo aluno A12. 82

Figura 52 - Desenho feito pelo aluno A3. 82

Figura 53 - Desenho feito pelo aluno A13. 83

Figura 54 - Desenho feito pelo aluno A5. 83

Figura 55 - Desenho feito pelo aluno A16. 83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 17

1.1 PERCURSO FORMATIVO E PROFISSIONAL DO PESQUISADOR 17

1.2 JUSTIFICATIVA 18

1.3 OBJETIVOS 21

1.3.1 OBJETIVO GERAL 21

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 21

2 REFERENCIAL TEÓRICO 22

2.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA 22

2.2 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL 23

3 BREVE HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: DE DALTON AO ÁTOMO DE BOHR 26

3.1 MODELO ATÔMICO DE DALTON 26

3.2 MODELO ATÔMICO DE THOMSON 28

3.3 MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD 29

3.4 ESPECTROS ATÔMICOS 32

3.5 MODELO ATÔMICO DE BOHR 36

4 A CIÊNCIA FORENSE 42

4.1 FÍSICA FORENSE 43

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 45

5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA 45

5.2 SUJEITOS DA PESQUISA 46

5.3 TIPOLOGIA DA PESQUISA 46

5.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS 48

5.5 ESTRUTURA DE APLICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA UEPS 49

5.6 PARÂMETROS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS 57

6 RESULTADOS E ANÁLISE.....59
6.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE.....60
6.1.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE 01 DOS ALUNOS DO EJA.....60
6.1.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE 01 DOS ALUNOS DO NÚCLEO DE CIÊNCIAS DA UFES 64
6.1.3 DA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE OS GRUPOS NO PRÉ TESTE 01.....65
6.1.4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE 02 DOS ALUNOS DO EJA.....69
6.1.5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE 02 DOS ALUNOS DO NÚCLEO DE CIÊNCIAS DA UFES.....73
6.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISE DO PÓS-TESTE 83
6.2.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PÓS-TESTE DOS ALUNOS DO EJA84
6.2.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PÓS-TESTE DOS ALUNOS DO NÚCLEO DE CIÊNCIAS DA UFES.....87
6.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....89
6.3.1 DOS ALUNOS DO EJA.....89
6.3.2 DOS ALUNOS DO PROJETO DA UFES 93
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....99
APÊNDICE A – PRÉ-TESTE 01.....105
APÊNDICE B – PRÉ-TESTE 02.....106
APÊNDICE C – RETOMANDO CONCEITOS DE CIÊNCIAS FORENSES.....107
APÊNDICE D – APROFUNDANDO OS CONHECIMENTOS 108
APÊNDICE E – QUESTÃO SOBRE O SIMULADOR 02.....111
APÊNDICE F – PESQUISA SOBRE O FENÔMENO DA LUMINESCÊNCIA 112

APÊNDICE G – PÓS-TESTE.....113
APÊNDICE H – AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....116
APÊNDICE I – PRODUTO EDUCACIONAL 117

1 INTRODUÇÃO

Aqui na introdução, está descrito um pouco sobre meu caminho acadêmico e profissional, o que aponta de forma importante para a escolha temática feita para essa pesquisa. Em seguida, exponho a justificativa do tema, o problema que foi investigado e que se buscou responder no decorrer da pesquisa, os objetivos geral e específico e a estruturação com que foi construído esse trabalho.

1.1 PERCURSO FORMATIVO E PROFISSIONAL DO PESQUISADOR

No ano de 1998 este pesquisador prestou vestibular para o curso de Física da Universidade Federal do Espírito Santo, sendo aprovado para ingresso no primeiro semestre de 1999, quando então teve início minha trajetória acadêmica, bem como profissional. Já no primeiro mês como estudante do curso de Física, tive minha primeira experiência no magistério, atuando como professor da disciplina de Física como professor contratado pela secretaria de Educação do Estado para lecionar na Escola Estadual Maria Ortiz, em Vitória. Trabalhei como professor de física da rede pública estadual também nos anos de 2000, 2001 e 2002. Do ano de 2002 ao final de 2005 trabalhei como professor da rede particular, atuando no ensino fundamental lecionando matemática no Colégio Integração em Jardim América, Cariacica. Fui também professor de Física do ensino médio e de ciências do ensino fundamental no Centro Educacional Mundo Moderno, de agosto de 2002 a dezembro de 2003. Prestei concurso para o magistério estadual e tomei posse como professor efetivo de Física em outubro de 2005, onde no mês anterior, em setembro desse mesmo ano, colei grau como Licenciado Pleno em Física pela UFES.

Após aprovação no concurso de soldado combatente da Polícia Militar do Estado do Espírito Santo, sendo convocado para iniciar o curso de formação em janeiro de 2006, fiz a escolha por pedir exoneração do magistério e ingressar nos quadros da PMES, onde permaneci até abril de 2012. No ano de 2011 prestei concurso para o cargo de Perito Criminal da Polícia Civil do Estado do Espírito Santo, sendo empossado em 27 de abril de 2012 onde, após o curso na Academia de Polícia, fui lotado na seção de Audiovisuais do Departamento de

Criminalística da Superintendência de Polícia Técnico-Científica, onde atualmente desempenho minhas atividades profissionais.

Minha entrada nos quadros da Perícia Criminal Capixaba me recolocou num ambiente de rotina e exigências acadêmicas, onde cada laudo elaborado torna-se um estudo aprofundado dos vestígios para chegar à verdade dos acontecimentos e na materialização do fato criminoso. Após meu ingresso na Perícia, participei como congressista em três Congressos Nacionais de Criminalística e de dois Seminários Nacionais de Fonética, Informática e Análise de Imagens, promovidos pela Associação Brasileira de Criminalística – ABC, da qual atualmente sou vice-diretor Técnico-Científico. Tive a oportunidade de proferir palestras em seminários de algumas instituições, entre elas a mostra de Física e Astronomia da UFES em 2017 quando proferi a palestra com o tema: “Cálculo de Velocidade de Veículos através da Análise de imagens”. Sou professor da Academia de Polícia Civil do ES, ministrando aulas para Delegados e Peritos.

Após aprovação no concurso da PPGEnFis, em 2019 iniciei o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UFES. Em setembro de 2020, já como aluno do mestrado, fui convocado para assumir uma determinada carga horária, como professor de física em designação temporária, na EEEFM Elza Lemos Andreatta, onde já havia sido professor anos atrás. Diante da minha experiência como professor no ensino básico (fundamental e médio), bem como de perito criminal, e contagiado pelo meu orientador, me vi extremamente motivado com a oportunidade de poder me aperfeiçoar e realizar um trabalho que pudesse envolver as ciências forenses com o ensino de física.

1.2 JUSTIFICATIVA

A falta de práticas experimentais, dependência excessiva do livro didático, método expositivo, reduzido número de aulas, currículo desatualizado e descontextualizado e a profissionalização insuficiente do professor, interferem muito fortemente no ensino das ciências físicas e naturais no Brasil (PEDRISA, 2001; DIOGO; GOBARA, 2007).

Segundo Andrade e Massabni (2011), o ensino prático de ciências deve buscar propostas de experimentação alicerçadas na ideia que o aluno é o construtor do seu próprio conhecimento, fazendo com que ele mesmo possa buscar, refletir e

reformular seus conhecimentos, sendo sempre auxiliado pelo professor e seus colegas. Assim, atividades de cunho investigativo apresentam grande possibilidade de promover aprendizagem ativa, uma vez que os estudantes interagem com o fenômeno e por vezes necessitam rever ou aprender novos conceitos para, desta forma, dar sentido ao que acabaram de observar. Assim, as atividades investigativas conseguem integrar a parte experimental aos aspectos teóricos necessários à sua compreensão (ROSITO, 2003), constituindo-se como uma ferramenta poderosa no processo de ensino-aprendizagem.

Um desafio para qualquer professor que lecione a disciplina de Física é lidar com a constante cobrança por parte dos alunos, principalmente os do ensino básico (fundamental e médio), de visualizarem tal ciência em aplicações no seu cotidiano. Segundo Monteiro (2016), de modo geral, para grande parte dos estudantes brasileiros do ensino básico aprender física é muito pouco atraente, dada a falta de contextualização prática, que fazem com que as aulas de física se tornem simplesmente matemática aplicada desprovidas de significado prático.

No contexto apresentado, torna-se relevante buscar direcionar o Ensino de Física de forma que esses conhecimentos, extremamente úteis aos discentes, sejam mais bem compreendidos por meio de vínculos com temas presentes no seu cotidiano. Desta forma, introduzir conceitos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio torna-se uma alternativa que pode deixar as aulas de Física mais atrativas***,*** tornando o aprendizado mais significativo e producente, como está refletido nos Parâmetros Curriculares Nacionais:

> É preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. É sempre possível, no entanto, sinalizar aqueles aspectos que conduzem o desenvolvimento do ensino na direção desejada. (BRASIL, 2000, p. 23).

Ainda, segundo Ostermann e Moreira (2000), sobre o ensino de física moderna e contemporânea (FMC) no ensino médio (EM), concluem:

> [...] É viável ensinar FMC no EM, tanto do ponto de vista do ensino de atitudes quanto de conceitos. É um engano dizer que os alunos não tem

> capacidade para aprender tópicos atuais. A questão é como abordar tais tópicos [...] Se houve dificuldades de aprendizagem não foram muito diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos da física clássica [...] Os alunos podem aprendê-la se os professores estiverem adequadamente preparados e se bons materiais didáticos estiverem disponíveis (Ostermann e Moreira, 2000, Pág. 11).

Muito atual no dia-a-dia da juventude brasileira, popularizado tanto pelas manchetes de jornais e revistas, como pelos vários seriados que compõem a grade de programação da TV paga ou aberta, a Perícia Criminal, com o emprego aplicado das Ciências Forenses na resolução de crimes, se apresenta com um universo investigativo instigante e propício para despertar o interesse dos alunos (DIAS FILHO e ANTEDOMENICO, 2010). Desta forma, os conhecimentos das Ciências Forenses aplicados à perícia criminal tornam-se uma importante ferramenta para estimular a interdisciplinaridade no ensino de Ciências Naturais. Segundo Souza (2008), às ciências forenses alcançam diferentes ramos das ciências naturais, tais como química, física, biologia, engenharia, dentre outras, tornando-se um intenso aliado no ensino de ciências em sala de aula. As ciências forenses fazem uso de várias áreas do conhecimento humano, entre eles estão os da física, neste caso chamado de Física Forense, que de acordo com Negrini Neto (2002) “é a parte da Física destinada à observação, análise e interpretação dos fenômenos físicos naturais de interesse judiciário”, essenciais na elucidação de vários eventos, tais como: Acidentes de trânsito, balística forense, documentoscopia forense, fonética forense, engenharia forense, entre outras. Para Souza *et al*. (2017, p. 4),

> “a Física Forense deve ser explorada, principalmente, na vertente lúdica que ela proporciona, procurando fazer com que o aluno “brinque de ser Perito!”, com a autonomia para relacionar conceitos físicos em casos fictícios montados pelo professor e que possibilitem evoluções em seus padrões argumentativos”.

Esse trabalho foi desenvolvido tendo como área de interesse a física moderna, com enfoque na física quântica. Como ponto focal da pesquisa, trabalhou-se os conceitos ligados ao Modelo Atômico de Bohr, níveis de energia e transições eletrônicas. A escolha desse tema vai de encontro ao que Ostermann (2000) apresentou em sua pesquisa, quanto aos tópicos de física moderna e contemporânea, que deveriam ser contemplados no currículo do ensino médio, e elencou os itens seguintes: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda – partícula,

fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular e fibras ópticas.

Diante deste contexto, a questão de pesquisa pretende responder se a Física Forense pode ser utilizada como instrumento facilitador no processo de ensino aprendizagem de Física no Ensino Médio.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Temos como objetivo geral da pesquisa construir e aplicar uma sequência didática, estruturada em UEPS, e utilizar tópicos da Física Forense como instrumento facilitador no processo de ensino aprendizagem de Física Moderna no Ensino Médio.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para se alcançar o objetivo geral da pesquisa, levantou-se os seguintes objetivos específicos:

(i) Elaborar uma sequência didática que aborda os conceitos de física moderna, valendo-se do contexto da investigação criminal, utilizando vídeos e simuladores computacionais;

(ii) Aplicar a sequência didática para os alunos do Ensino Médio;

(iii) Apresentar e analisar os resultados obtidos antes e após a aplicação da sequência didática;

(iv) Verificar se o material Instrucional desenvolvido foi considerado adequado pelos alunos para favorecer a compreensão do conteúdo proposto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Quando se utiliza o termo Sequência Didática (SD) na área de educação está se referindo a construção de um conjunto de atividades pedagógicas que estão interligadas entre si. Entretanto, sendo um processo, não se esgotam em si mesmas, mas tem o seu planejamento preparado para ser aplicada no ensino de um determinado conteúdo em etapas, de modo que o conteúdo ensinado seja mais atrativo e eficiente para os estudantes. Para Shneuwly e Dotz (2010), é necessária a criação de métodos que possam auxiliar o professorado, levando para a sala de aula instrumentos que possam apoiá-lo no desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem. Os autores citados denominam tais métodos de Sequência Didática, como sendo “uma sequência de módulos de ensino tal que organizada conjuntamente para melhorar uma determinada proposta de ensino” Shneuwly e Dotz (2010, p.43). Dessa maneira, podemos dizer que uma SD possui como objetivo o aprimoramento da capacidade de alcance referente à qual disciplina e/ou conteúdo ela será aplicada, tornando-se assim uma ferramenta metodológica para que os objetivos educacionais sejam alcançados, como refletem Carvalho e Perez (2001):

> “É preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem, nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos alunos para que estes realmente alcancem os objetivos propostos” (Carvalho e Perez, 2001, p. 114).

Essa perspectiva apresentada traz em discussão os objetivos de uma sequência didática e a utilização de atividades que motivem os estudantes. Dessa forma, essa visão revela ser necessário estar sempre buscando propor modificações à SD a partir da realidade em que os alunos se encontram, para atender esses objetivos pedagógicos.

A tarefa de conduzir os estudantes para alcançarem os objetivos pedagógicos propostos pode se apresentar bastante complexo, quando se utiliza apenas os instrumentos tradicionais de ensino. Desse modo, grande número de professores e estudiosos da área educacional desenvolveram metodologias e SDs que auxiliem os seus alunos a atingirem os objetivos propostos. Vale ressaltar que para cada grupo estudantil tais objetivos são diferentes, como diferentes devem

ser as abordagens que cada SD utilizará no processo. Para Zabala (1998, pg. 59), é importante “compreender outras propostas e reconhecer, em cada momento, aquelas sequências que se adaptam mais às necessidades educacionais de nossos alunos”.

A partir então da perspectiva apresentada, na construção de uma sequência didática adequada é necessária a existência de um referencial teórico de aprendizagem, que norteará os processos que serão utilizados na sequência, a natureza da sequência e quais os tipos de atividades que serão priorizadas dentro dela. No presente trabalho o referencial de aprendizagem é a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, que pode auxiliar no fortalecimento e facilitação de uma diferenciação progressiva do aluno, trazendo como possibilidade que esse venha a ter uma reconciliação integradora.

2.2 TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL

O desenvolvimento desse trabalho tem como base teórica a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Ausubel, nome dado ao processo de assimilação através da interação de significados na estrutura cognitiva do aluno. Essa teoria apresenta também como premissa o fato de que o processo de ensino-aprendizagem deve levar sempre em consideração o que o aprendiz já conhece, ou seja, seus “conhecimentos prévios” que, segundo afirma Moreira (2010), “é a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos”. Dessa forma, a partir do que o aluno já sabe novos conhecimentos vão sendo introduzidos.

Para Moreira (2000, Pg. 05), na aprendizagem significativa, “o aprendiz não é um receptor passivo. Ele deve fazer uso dos significados que já interiorizou, de maneira substantiva e não arbitrária, para poder captar os significados dos materiais significativos”. Assim,

> Aprendizagem significativa é aprendizagem com significado, compreensão, sentido, capacidade de transferência; oposta à aprendizagem mecânica, puramente memorística, sem significado, sem entendimento; dependente essencialmente do conhecimento prévio do aprendiz, da relevância do novo conhecimento e de sua predisposição para aprender. Essa predisposição implica uma intencionalidade da parte de quem aprende (MOREIRA, 2000, p. 6-7).

Segundo a teoria de Ausubel, um conceito novo a ser assimilado pelo aprendiz deve ter interação com outro conceito já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A esses conhecimentos prévios realmente relevantes na aquisição de novos conceitos são chamados de Subsunçores, como afirma Moreira (2010) quando diz:

> A este conhecimento, específico relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma preposição, um modelo mental, uma imagem, David Ausubel (1918 – 2008) chamava de subsunçor ou ideia-âncora (MOREIRA, 2010, Pg. 2).

Através da citação acima pode-se compreender que para que novos conhecimentos possam ser adquiridos e terem algum significado para o aprendiz, é necessário que eles sejam ancorados em conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva, que podem ter sido absorvidos das mais diversas formas, inclusive de uma maneira mecânica.

Vale ressaltar que o processo de aprendizagem significativa caracteriza-se pelo movimento não literal e não arbitrário de interação entre os conhecimentos prévios e os novos conhecimentos, onde os conceitos novos adquirem significados enquanto os conceitos prévios passam a ter novos significados ou maior estabilidade cognitiva. Para isso, pode-se lançar mão de organizadores prévios que, para Ausubel, segundo Moreira (2012), “sua principal função é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deveria saber, a fim de que o novo conhecimento pudesse ser aprendido de forma significativa”. Ou seja, os organizadores prévios devem ser materiais instrucionais introdutórios que devem funcionar preparando a estrutura cognitiva do aprendiz antes de ser apresentado o conteúdo que se deseja ensinar. Isso se dá por conta do caso de o aluno possuir conhecimentos prévios, mas não os associar ao que está sendo ensinado.

Desta forma, podemos tecer que organizadores prévios bem elaborados e aplicados proporcionam ao estudante uma maior estabilidade cognitiva, trazendo uma aquisição de novos conceitos.

O processo de assimilação ocorre quando um conceito potencialmente significativo é assimilado quando ancora-se num subsunçor já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, de modo que tanto o conhecimento novo como o

subsunçor já existente são modificados durante a tal interação. Temos neste contexto, quando os subsunçores estão bem organizados, dois processos bastante importantes: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. O primeiro ocorre quando novas informações são assimiladas pelo aluno e alteram o subsunçor relevante. Já o segundo, ocorre quando as novas informações, ao interagirem com os subsunçores, causam uma reorganização e alteração dos mesmos na estrutura cognitiva do indivíduo.

3 BREVE HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: DE DALTON AO ÁTOMO DE BOHR

A busca pela compreensão da constituição da matéria pela humanidade é algo que vem sendo, há séculos, objeto de estudos filosóficos e científicos. Uns dos precursores a definir que a matéria só poderia dividir-se em porções cada vez menores até um limite, denominado de Átomo, como sendo essa partícula minúscula e indivisível que compõem a matéria, foram os filósofos gregos Demócrito e Leucipo, por volta do século V a.C.

A evolução do conhecimento da constituição da matéria recebeu, ao longo do tempo, inúmeras contribuições. Através de observações e experiências, como as advindas dos espectros de emissão atómica, que, além de oferecerem informações sobre a constituição e a temperatura das estrelas, também foram propulsores de grandes avanços relativos ao conhecimento humano sobre a composição da matéria, o que levou a um gigantesco passo na formulação dos modelos atômicos.

Vamos neste capítulo nos ater a descrever a evolução histórica dos modelos atômicos de John Dalton, J.J. Thomson e Ernest Rutherford, espectros atômicos de emissão e absorção e o modelo atômico de Bohr.

3.1 MODELO ATÔMICO DE DALTON

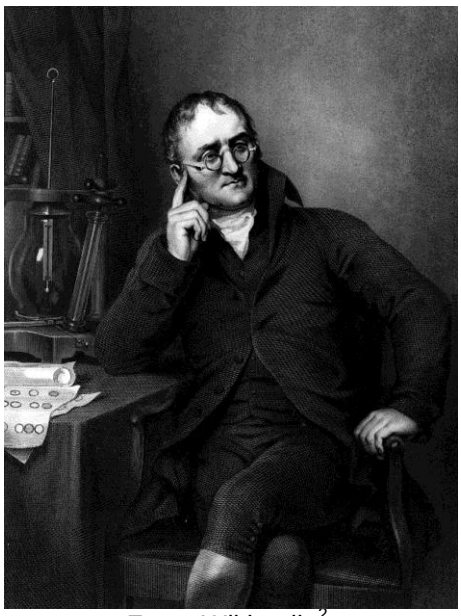
John Dalton (1766-1844), químico Inglês que propôs sua teoria sobre a estrutura atômica da matéria baseado em seus experimentos e estudos que o levaram a concluir: 1) que a matéria apresenta partículas (átomos) que possuem massa; 2) que a combinação de diferentes átomos forma átomos compostos, que seriam as substâncias; 3) que átomos diferentes apresentam massas e tamanhos diferentes; 4) que os átomos não sofrem transformações, são imutáveis; e 5) que os elementos químicos diferentes apresentam massas diferentes porque seus átomos são diferentes. Em suma, ele postulou para seu modelo atômico que o átomo é uma esfera maciça, homogênea, indestrutível, indivisível e de carga elétrica neutra. O modelo de Dalton ficou também conhecido como “bola de bilhar” (OLIVEIRA e FERNANDES, 2006, Pág. 4), como apresentado na Figura 01.

Figura 1 - Modelo atômico de Dalton, chamado de “bola de bilhar”.

Fonte: Site Toda Matéria[1].

John Dalton (Figura 02) obteve o mérito por consolidar a ideia do átomo como unidade elementar da matéria, valendo-se para isso de dados experimentais quantitativos. Entretanto, o seu modelo apresentava vários erros, que a partir da segunda metade do século XIX foram demonstrados.

Figura 2 - John Dalton (1766-1844).



Fonte:Wikipedia[2].

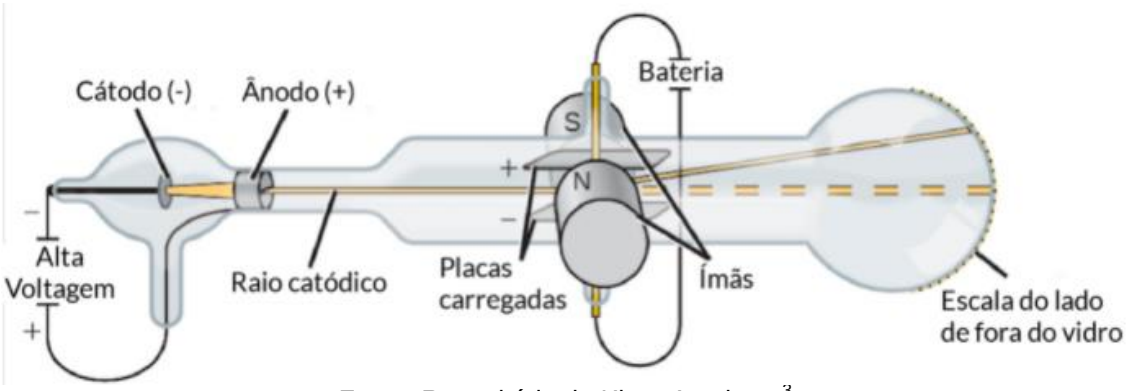
[1] Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/modelo-atomico-de-dalton/>. Acessado em 12 de Nov. de 2021.

[2]Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/John_Dalton#/media/Ficheiro:Dalton_John_desk.jpg>. Acessado em 12 de Nov. de 2021.

3.2 MODELO ATÔMICO DE THOMSON

O físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940), em um de seus experimentos, submeteu a voltagens elevadíssimas um tubo com gases, produzindo raios catódicos. Quando se aplicava um campo elétrico externo, estes raios se desviavam em direção à uma placa positiva (Figura 03), o que significava que o átomo teria partículas negativas, que foram denominadas como sendo os elétrons. Mas, tendo em vista que a natureza da matéria é neutra, uma explicação plausível para tal fato seria de que existiria uma parte positiva que neutralizaria os elétrons.

Figura 3 - Diagrama do tubo catódico de J. J. Thomson.

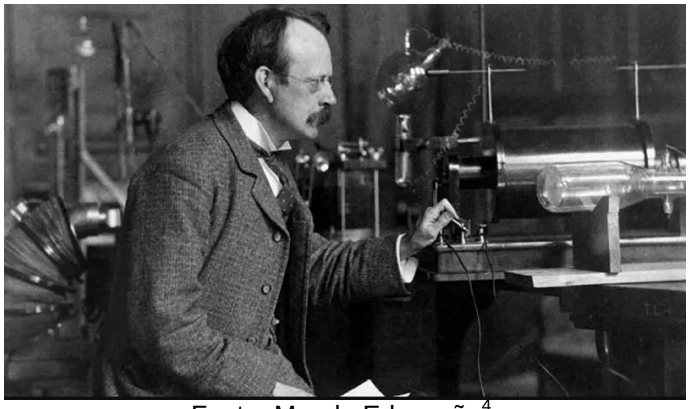


Fonte: Repositório da Khan Academy[3].

Em 1903, apoiando-se nessa premissa, Thomson (Figura 04) modificou o modelo de Dalton, afirmando que o átomo não seria maciço nem indivisível, estabelecendo assim o seu modelo, onde propôs que o átomo é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustada de elétrons (que são as partículas negativas), de modo que sua carga total seja nula.

[3]Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/chemistry/electronic-structure-of-atoms/history-of-atomic-structure/a/discovery-of-the-electron-and-nucleus>. Acessado em 12 de Nov. de 2021.

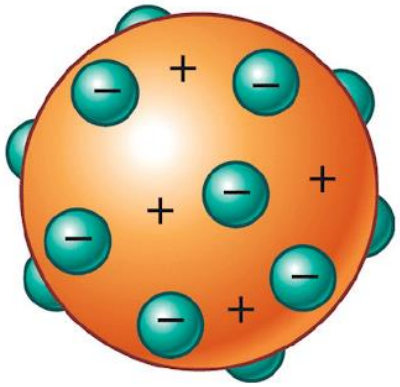
Figura 4 - Diagrama do tubo catódico de J. J. Thomson.



Fonte: Mundo Educação[4].

O modelo de Thomson ficou conhecido como “pudim com passas” (Figura 05) e teve vida curta, pois foi logo notada sua incompatibilidade com os resultados encontrados com novos experimentos que foram realizados por outros cientistas (OLIVEIRA e FERNANDES, 2006, Pág. 14).

Figura 5 - Modelo Atômico de Thomson – “Pudim de Passas”.



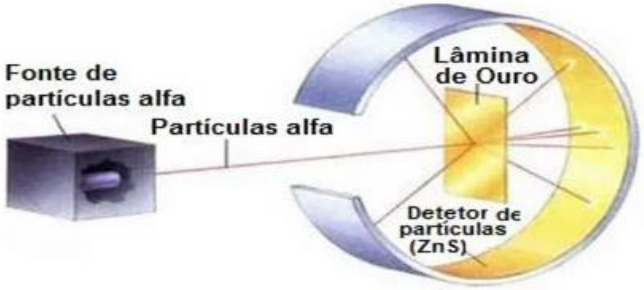
Fonte: Site Entendendo Química[5].

3.3 MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD

O físico Ernest Rutherford (1871-1937), natural da Nova Zelândia, em 1911 realizou um experimento em que foi bombardeada uma lâmina muito fina de ouro com partículas Alfa (Figura 06).

[4]Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/o-atomo-thomson.htm>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.
[5] Disponível em: <http://entendendoquimica.blogspot.com/2012/06/modelo-atomico-de-thomson-e-rutherford.html>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

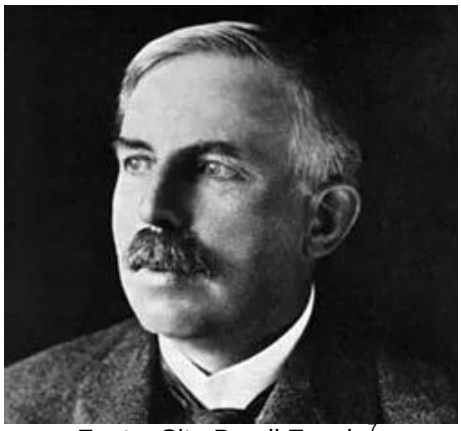
Figura 6 - Esquema do experimento de Rutherford.



Fonte: Site Prepara Enem[6].

Foi observado durante o experimento que a maioria das partículas atravessou a lâmina, o que se levava a acreditar que existiam espaços vazios no átomo. Outras partículas eram desviadas, o que poderia ser explicado considerando que o núcleo do átomo fosse pequeno e denso. Por fim, algumas partículas Alfa sofreram desvios de trajetória, o que demonstrava que o núcleo seria positivo, pois as partículas Alfa são positivas e sofreram repulsão ao passar próximas ao núcleo do átomo. Rutherford (Figura 07) então defendeu que o seu modelo atômico seria descrito de modo que o átomo seria composto por um núcleo muito pequeno e de carga elétrica positiva, equilibrado por cargas elétricas negativas, que seriam os elétrons, estes ficariam girando ao redor do núcleo, numa região denominada eletrosfera.

Figura 7 - Ernest Rutherford (1871-1937).



Fonte: Site Brasil Escola[7].

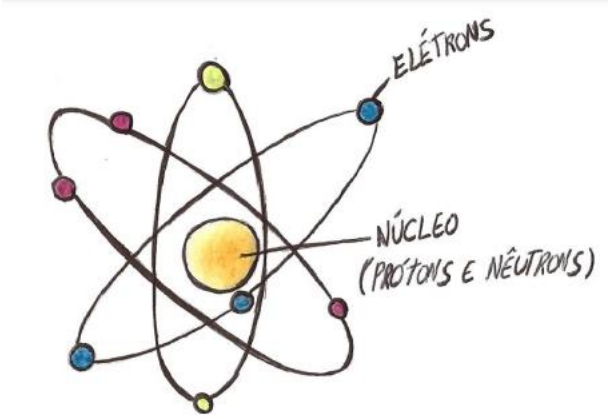
[6]Disponível em: <https://www.preparaenem.com/quimica/experimento-rutherford.htm>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.
[7] Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/ernest-rutherford.htm>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

Segundo Pires e Carvalho (2014):

> O experimento de Rutherford levou à conclusão de que o átomo seria composto de um núcleo positivo, que ocuparia uma região muito pequena, comparada ao tamanho do átomo, e de cargas negativas que orbitavam em torno desse núcleo. O movimento dos elétrons seria então um movimento circular, com uma aceleração centrípeta, devido à atração elétrica entre as cargas. No entanto, havia uma falha em seu modelo: uma carga em movimento acelerado emite radiação eletromagnética; ao se mover com aceleração centrípeta, o elétron deveria emitir radiação e perder energia. Com isso, o raio de sua órbita deveria diminuir gradativamente até que ele colidisse com o núcleo. Não haveria, portanto, átomos estáveis, que formassem a matéria tal como a conhecemos (PIRES; CARVALHO, 2014, p. 24).

A proposta de Rutherford compara a estrutura atômica com o sistema solar, onde o sol seria o núcleo do átomo e os elétrons seriam os planetas orbitando em volta do núcleo. Por tal semelhança, seu modelo ficou conhecido como modelo “planetário” ou “sistema solar” (Figura 08, LOPES, 2009).

Figura 8 - Modelo atômico proposto por Rutherford (1871-1937).



Fonte: Revista IFES Ciência[8].

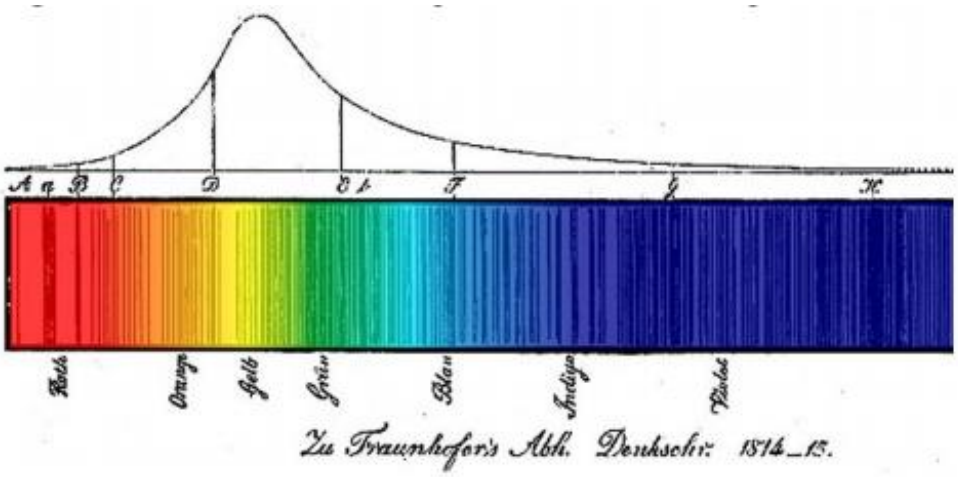
O modelo proposto por Rutherford, apesar de muito utilizado para explicar alguns fenômenos físicos existentes, apresentava algumas incongruências que comprometeram sua total aceitação (LOPES e GOMES, 2018, pág. 13). O modelo, por exemplo, não explicava a estabilidade do átomo uma vez que, de acordo com a eletrodinâmica clássica, partículas carregadas em movimento emitem radiação e, portanto, o elétron deveria colapsar no núcleo.

[8]Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/download/349/311/1304>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

3.4 ESPECTROS ATÔMICOS

O alemão Joseph Von Fraunhofer, no início do século XIX, obteve a primeira evidência experimental relevante sobre os espectros atômicos ao fazer observações referentes ao espectro do Sol, descobrindo que apresentava uma série de linhas escuras sobre ele (Figura 09). Tais linhas ou raias passaram a ser chamadas mais tarde de linhas ou raias de Fraunhofer (NUSSENZVEIG, 1998, p. 260).

Figura 9 - Linhas escuras observadas por Fraunhofer no espectro solar.



Fonte: Página Segredos da Luz e da Matéria[9].

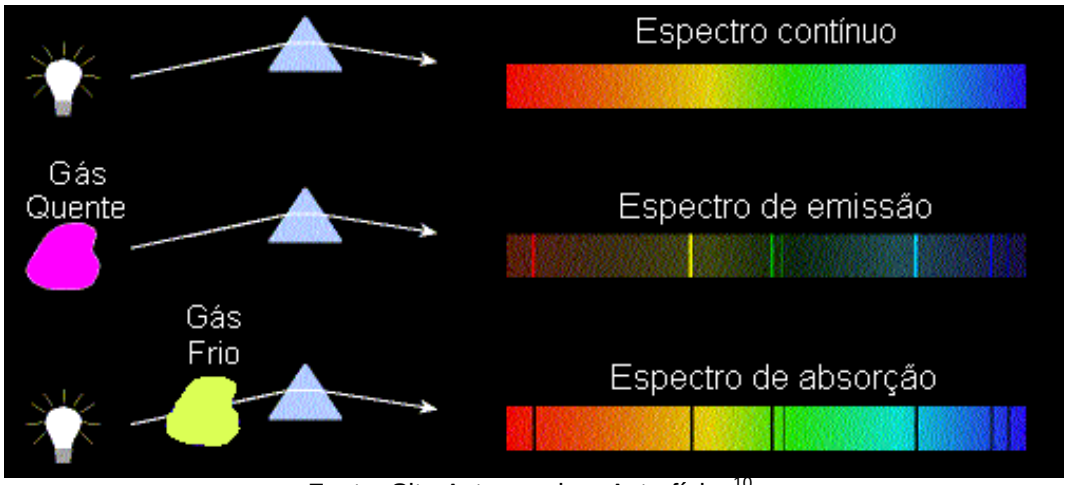
Dois outros pesquisadores, o químico alemão Robert Bunsen (1811-1899) e o físico prussiano Gustav Kirchhoff (1824-1887), tiveram grande importância no desenvolvimento da espectroscopia (NUSSENZVEIG, 1998, p. 260). Durante seus estudos, eles observaram os espectros de diversos elementos que, colocados numa chama, formavam uma série de linhas brilhantes, não contínuas, que variavam de elemento para elemento. Assim, cada elemento apresentava uma série de linhas espectrais bem definidas e características, que é o espectro de emissão do elemento analisado. Ao contrário, quando as linhas aparecem escuras, caracteriza-se o espectro de absorção do elemento.

Através dos experimentos, Kirchhoff formulou empiricamente três leis que definem os tipos básicos de espectros (Figura 10) que, segundo Filho e Saraiva (2020), são:

[9]Disponível em: <https://sites.google.com/site/segredosluzmateria/home/os-espetros-com-codigos-de-barras-dos-elementos>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

1) Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo.
2) Um gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.
3) Se um espectro contínuo passar por um gás à temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras (absorção). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.

Figura 10 - Os três tipos de espectros na classificação de Kirchhoff: o contínuo, o de emissão e o de absorção.



Fonte: Site Astronomia e Astrofísica[10].

Podemos observar que as linhas de absorção produzidas por um gás estão nas mesmas posições das linhas de emissão que esse gás produz. As raias de absorção são escuras não porque não tenham luz nenhuma, mas sim porque são mais fracas do que o espectro contínuo presente no seu entorno.

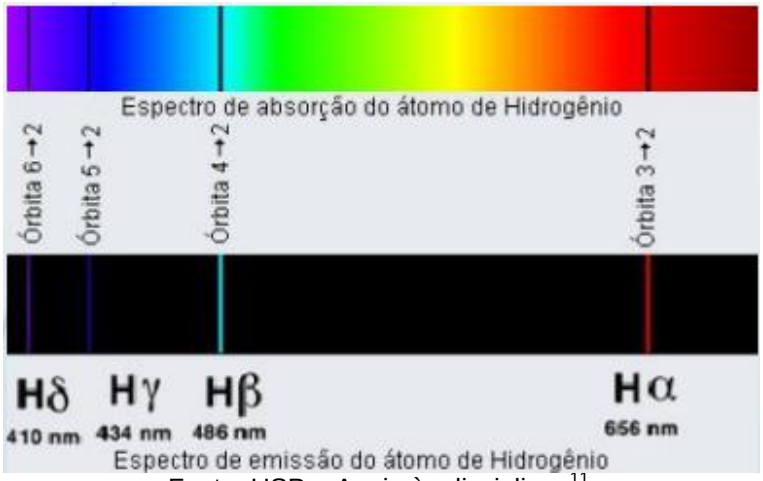
Sabe-se que os espectros emitidos pelos átomos possuem características distintas, podendo-se assim realizar a caracterização e diferenciação dos elementos químicos que constituem a matéria presente na natureza através da análise das linhas espectrais produzidas. Assim, o espectro atômico pode ser entendido como uma impressão digital dos elementos constituintes da matéria.

Nessa perspectiva, um dos espectros que tiveram considerável interesse em ser estudado pelos cientistas foi o espectro de emissão do hidrogênio atômico (Figura 11). Isso se deu devido ao fato dele possuir apenas um elétron, sendo o “átomo mais simples” (EISBERG e RESNICK, 1979, pg. 136), com maior abundância no

[10]Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

universo e por aparecer com parte do seu espectro dentro da região de comprimentos de onda da luz visível.

Figura 11 - Espectro do hidrogênio atômico na região do visível.



Fonte: USP – Apoio às disciplinas[11].

Um grande desafio existente para os cientistas era como obter empiricamente uma representação matemática do comprimento de onda das raias do espectro de emissão do hidrogênio atômico.

Nesse contexto, em 1885 o professor secundarista, físico e matemático suíço, Johann Jakob Balmer consegue desenvolver uma fórmula empírica para descrever com “grande precisão (dentro de 0,02%) as posições desse conjunto de raias” (NUSSENZVEIG, 1998, p. 261). Segue abaixo a equação proposta por Balmer:

$$\lambda = 3646\ \frac{n^2}{n^2-4},\ n = 3, 4, 5, \ldots \qquad (1)$$

Onde na equação λ corresponde ao comprimento de onda, n são os níveis de energia para o átomo de hidrogênio e 3646 Å é o valor de uma constante “C”. Apresentando o resultado em termos do inverso do comprimento de onda, temos:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right), n, = 1, 2, 3, \ldots \qquad (2)$$

[11]Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fedisciplinas.usp.br%2Fpluginfile.php%2F214290%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2Faula_6_Atomo_Bohr_mecanica_quantica.pdf%3Fforcedownload%3D1&psig=AOvVaw1SoDkeKrViY2pcKvORiI0f&ust=1636840798086000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjhxqFwoTCJjCsKvpk_QCFQAAAAAdAAAAABAD>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

Onde R_H = 4/C chama-se constante de Rydberg para o hidrogênio, sendo seu valor correspondente a aproximadamente: R_H = 109,677 cm^{-1}. Tal constante indica a precisão possível em medidas espectroscópicas" (EISBERG e RESNICK, 1979, pg. 137).

Após a formulação empírica de Balmer, outras séries foram também obtidas (Tabela 1), possuindo a mesma estrutura geral, ou seja:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left[\frac{1}{(m-a)^2} - \frac{1}{(n-b)^2}\right] \qquad (3)$$

Tabela 1 - Séries do hidrogênio.

Nomes	Faixas de comprimento de onda	Fórmulas	Valores de n
Lyman	Ultravioleta	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 2, 3, 4, ...
Balmer	Ultravioleta próximo e visível	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 3, 4, 5, ...
Paschen	Infravermelho	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 4, 5, 6, ...
Brackett	Infravermelho	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 5, 6, 7, ...
Pfund	Infravermelho	$\frac{1}{\lambda} = R_H\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 6, 7, 8, ...

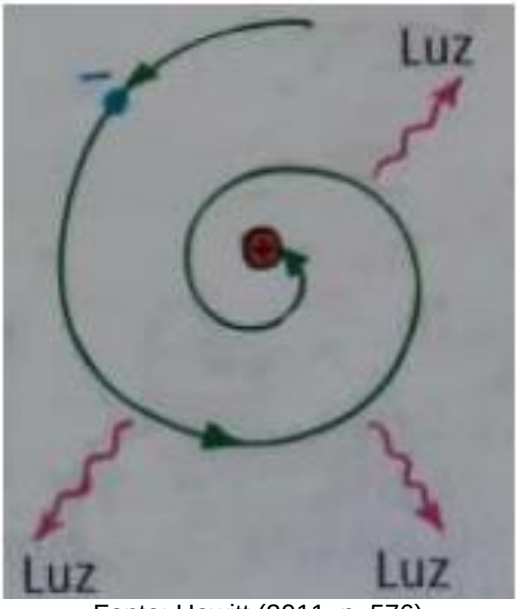
Adaptado pelo autor (Fonte: EISBERG e RESNICK, 1979, pg. 137).

Os resultados apresentados pelas descobertas dessas séries eram "incompreensíveis pela física clássica" (NUSSENZVEIG, 1998, p. 262). Dessa forma, se fez necessário a construção de um modelo atômico que conseguisse dialogar com as características específicas apresentadas pelos espectros atômicos. Nesse contexto, aparece o modelo proposto por Niels Bohr.

3.5 MODELO ATÔMICO DE BOHR

Devido aos resultados apresentados por Rutherford sobre a estrutura atômica da matéria, as propostas anteriores, como a de J.J. Thomson tornaram-se incompatíveis com os resultados experimentais. Entretanto, o modelo planetário de Rutherford, onde os elétrons ficam orbitando em torno do núcleo, apresentava também problemas para explicar a estabilidade do átomo, pois, conforme o eletromagnetismo clássico, uma carga acelerada girando em torno do núcleo deve emitir radiação. Ao perder energia, o elétron entraria em movimento espiralado até chocar-se com o núcleo (Figura 12), o que levaria ao colapso do átomo (NUSSENZVEIG, 1998, p. 262). Caso fosse assim, para uma órbita na escala atômica, o átomo colapsaria em tempo inferior a 10^{-9} s, o que não permitiria que a matéria fosse estável.

Figura 12 - A teoria clássica propunha que um elétron acelerado deveria emitir radiação continuamente, o que faria com que ele caísse no núcleo.



Fonte: Hewitt (2011, p. 576).

No final do século XIX, mesmo os físicos maravilhados com a unificação da eletricidade e do magnetismo por meio das equações de Maxwell, ainda pairavam dúvidas sobre a realidade de alguns fenômenos que não podiam ser explicados pela teoria das ondas eletromagnéticas, como era o caso da radiação térmica emitida por um corpo negro. Em 1900, o cientista alemão Max Planck, apresentou um estudo teórico sobre a radiação de um corpo negro e verificando

matematicamente uma equação que demonstrava compatibilidade com os resultados experimentais. Para tanto, Planck considerou que na superfície do corpo negro existissem “cargas elétricas oscilantes”[12], que emitiriam energia de forma não contínua, que por sua vez transportavam uma quantidade bem definida de energia, que denominou-se chamar de Fótons. Essa energia E de cada fóton foi chamada de quantum de energia, que é expressa matematicamente pela equação:

$$E = h.\upsilon \qquad (4)$$

Já em 1905, Albert Einstein, pesquisando sobre o efeito fotoelétrico, fez a utilização da ideia de Planck sobre a quantização e propôs que a luz não somente é emitida na forma de quanta, mas também se propaga no espaço em quanta individuais. Cada quantum de luz, ou fóton, tem uma energia *E* dada por:

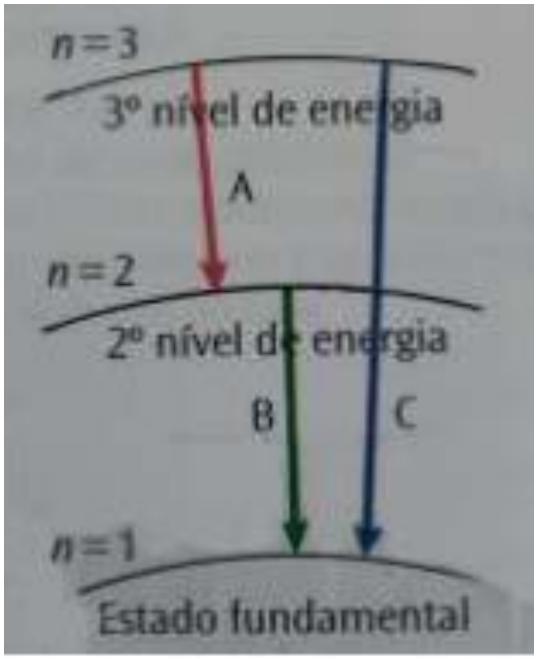
$$E = h.\upsilon = h.\frac{c}{\lambda} \qquad (5)$$

Onde temos que *h* é a constante de Planck, $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$j.s, υ é a frequência da luz, λ é o comprimento de onda e c é a velocidade da luz no vácuo da ordem de $3{,}0 \times 10^{8}$ m/s.

Em 1913 o físico dinamarquês Niels Henry David Bohr (1885-1962), dando continuidade aos trabalhos de Rutherford, propôs um modelo para o átomo mais simples, tendo como base não somente as teorias clássicas mais também as ideias de quantização de Planck e Einstein. Bohr postulou então que o elétron não irradiaria luz durante a sua aceleração em torno do núcleo, mas que essa irradiação ocorreria quando o elétron salta de um nível de energia mais alto para um mais baixo (Figura 13, HEWITT, 2011).

[12]Fonte: A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO. Os Fundamentos da Física – Temas Especiais. Disponível em: <https://www.moderna.com.br/fundamentos/temas_especiais/radiacao_corpo_negro.pdf>. Acessado em: 02 de Fev. de 2022.

Figura 13 - Três dos níveis de energia de um átomo.



Fonte: Hewitt (2011, p. 576).

Para que pudesse explicar onde os modelos anteriores falharam, Bohr estabeleceu alguns postulados, conforme afirma Eisberg e Resnick (1979):

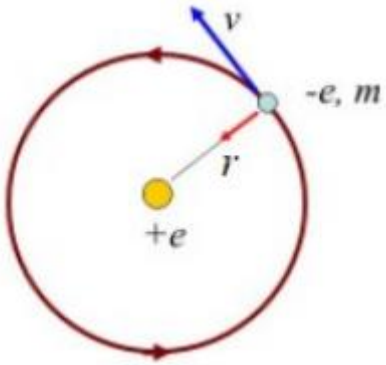
> 1° - Um elétron em um átomo se move em uma órbita circular em torno do núcleo sob influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica;
> 2° - Em vez da infinidade de órbitas que seriam possíveis segundo a mecânica clássica, um elétron só pode se mover em uma órbita na qual seu momento angular orbital L é um múltiplo inteiro de ħ (a constante de Planck dividida por 2π);
> 3° - Apesar de estar constantemente acelerado, um elétron que se move em uma dessas órbitas possíveis não emite radiação eletromagnética. Portanto sua energia total E permanece constante;
> 4° - É emitida radiação eletromagnética se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita de energia total E_i, muda seu movimento descontinuamente de forma a se mover em uma órbita de energia total E_f. A frequência da radiação emitida υ é igual à quantidade ($E_i - E_f$) dividida pela constante de Planck h.

Assim, o elétron estaria no seu “estado fundamental”, onde ele apresenta seu nível mais baixo de energia, quando se encontra na órbita mais próxima do seu núcleo. Dessa forma, se o elétron ocupasse um nível mais alto em relação à sua posição fundamental ele poderia “cair”, ou ocupar qualquer órbita mais próxima do núcleo (LONDERO, 2014, pg. 05).

Por outro lado, se os elétrons que compõem um átomo recebem energia ou colidem com outros elétrons, eles saltam para camadas mais superiores, entrando no que chamamos de estado excitado. Caso o elétron ceda energia, ele retorna para níveis mais internos, de modo que a “energia liberada sai em forma de quantum de luz ou fóton” (LONDERO, 2014, pg. 05).

Tomando o caso mais simples, que é o do átomo de hidrogênio, e fazendo analogia com o problema de Kepler para gravitação de dois corpos no caso particular de órbita circular, vamos assumiu um elétron orbitando em torno do núcleo do átomo de hidrogênio (Figura 14).

Figura 14 - Órbita circular de um só elétron em torno do núcleo.



Fonte: Aula-10 Mais Ondas de Matéria II[13].

Temos que, no caso em foco, considerando o próton em repouso, a força que atua no elétron é a força Coulombiana, dada em módulo por:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2}, \qquad (força\ coulumbiana) \tag{6}$$

Para uma órbita circular, temos apenas a força coulombiana atuando, consequentemente a resultante é a força centrípeta, logo:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} = m\,\frac{v^2}{r} \tag{7}$$

[13]Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/3721027/>. Acessado em: 29 de Jun. de 2020.

Como a força é central, o torque é nulo e consequentemente o momento angular L é constante, assim temos:

$$L = mvr = constante \qquad (8)$$

Conforme o segundo postulado imposta por Bohr, sobre a quantização do momento angular, podemos descrever que:

$$mvr = n\hbar, \quad n = 1, 2, 3, \ldots \qquad (9)$$

Se isolarmos a velocidade v na equação (9), temos:

$$v = \frac{n\hbar}{mr} n\hbar, \quad n = 1, 2, 3, \ldots \qquad (10)$$

Ao substituirmos a equação (10) em (7) e simplificando a equação resultante, obtemos os raios possíveis da seguinte forma:

$$r = 4\pi\varepsilon_0 \frac{n^2\hbar^2}{me^2}, \quad n = 1, 2, 3, \ldots \qquad (11)$$

Temos que por consequência do segundo postulado de Bohr, a quantização do momento angular L restringe as possíveis órbitas circulares, como observado na equação (11).

Podemos calcular a energia total de um elétron atômico numa dada órbita possível. Para isso, define-se a energia potencial como sendo nula quando o elétron está infinitamente distante do núcleo. Assim, se integrarmos o trabalho realizado pela força coulombiana que atua de r até o ∞, teremos a energia potencial V a qualquer distância r:

$$V = -\int_r^{\infty} \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dr = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r} \qquad (12)$$

Podemos obter a energia cinética K usando a equação (7), conforme temos:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 2r} \qquad (13)$$

Logo, a energia total do elétron, *E*, é dada pela soma da energia potencial e energia cinética, que obtemos somando as equações (12) e (13), assim temos:

$$E = K + V = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\, 2r} = -K \qquad (14)$$

Substituindo na equação (14) a equação (11), obtemos a expressão da energia total do elétron, como segue:

$$E = -\frac{1}{n^2}\frac{me^4}{(4\pi\varepsilon_0)^2 2\hbar^2}\,, \qquad n = 1, 2, 3, \ldots \qquad (15)$$

Assim, “vemos que a quantização do momento angular orbital do elétron implica na quantização de sua energia total” (EISBERG e RESNICK, 1979, pg. 141).

4 A CIÊNCIA FORENSE

O lançamento nos últimos anos de inúmeros filmes e seriados televisivos, abordando a temática da investigação de crimes, onde são aplicadas tecnologias avançadas na resolução de crimes diversos, tem contribuído muito para o aumento na curiosidade sobre o que seria a Ciência Forense. Pois então, o que seria a Ciência forense? Segundo Silva (2020), a Ciência Forense é o conjunto de métodos e técnicas científicas aplicadas para a resolução de crimes. Já para Fachone e Velho (2007, pág. 153), a Ciência forense pode ser entendida como a "classificação dada aos esforços de geração e transferência de tecnologia e ciência com a finalidade de elucidar questões relativas ao âmbito do sistema de segurança pública e justiça criminal".

Quando se iniciou a estruturação deste campo das ciências, os profissionais que desempenhavam as práticas forenses possuíam formação genérica (BARROS et al., 2021, pág. 56). À medida que os crimes foram se tornando mais complexos, devido à evolução da tecnologia e o seu uso por parte dos criminosos, tornou-se imprescindível que profissionais altamente especializados nas mais diversas áreas da ciência, participassem dos trabalhos científicos com o intuito de tornar mais eficaz a investigação criminal.

Áreas da ciência como física, química, biologia, matemática, engenharia, medicina, toxicologia, entre outras, são envolvidas, no âmbito da ciência forense, de modo interdisciplinar, objetivando dá sustentação científica as investigações criminais, como nos diz Velho, Geiser e Espindula (2017):

> "É assim importante frisar que as Ciências Forenses são um grupo de diversas áreas que convergem em um mesmo fim. Não é uma ciência única e visa, em última instância, atender as demandas judiciais. Não se pode falar em uma estrutura ou método específico para as Ciências Forenses, visto que cada campo do conhecimento tem seus próprios métodos".

Dentre os mais diversos ramos das ciências forenses, como a química forense, toxicologia forense, biologia forense, genética forense, engenharia forense, fonética forense, entre muitas outras áreas (FACHONE; VELHO, 2007, pág. 153), onde podemos apontar também como uma delas a física forense.

4.1 FÍSICA FORENSE

Inúmeros casos de crimes, em que os vestígios deixados dependem de análises físicas ou necessitam de estudo de fenômenos físicos envolvidos, abrem campo de atuação para a área de física forense. Segundo Neto (2002, pág. 124):

> ”Física Forense é a parte da Física destinada à observação, análise e interpretação dos fenômenos físicos - naturais - de interesse judiciário. Dentre estes se destacam os relativos aos acidentes de trânsito. Tais fenômenos podem ser vistos como parte da dinâmica dos corpos rígidos, sob certas condições, e assim têm sido tratados por especialistas na área”.

Nesta mesma perspectiva, a literatura nos apresenta alguns tópicos de interesse em que a física pode ser aplicada em casos forenses, como em acidentes automobilísticos, trajetórias de projéteis, investigação de incêndio e explosão, identificação de materiais e métodos de imagem (CROSS, 2008, Pág. 1).

Casos de determinação de altura em ocorrências envolvendo queda de uma pessoa, sem uma testemunha que confirme a dinâmica do evento, foram objetos de estudo pelo físico Cross (2008) e publicação na revista American Journal of Physics, através do trabalho intitulado “Forensic Physics 101: Falls from a height”. Um outro trabalho relacionado a estudo de caso de queda de corpos, aplicado a física forense, foi publicado no Journal of Forensic Sciences, também por Cross (2006), este intitulado “Fatal Falls from a Height: Two Case Studies”. Em casos como os citados nestes trabalhos, os físicos forenses podem também valer-se da análise de vídeos que possam ter registrado um trecho da queda para a determinação da altura (SEGATTO, 2019, Pág. 1).

No campo do ensino de física, também verificamos alguns artigos que apresentam a temática forense para cálculo de velocidade de veículos e motocicletas envolvidos em acidentes de trânsito utilizando software para realização de análises. Gurgel et. al. (2015), ao falar do uso do software SCTA (Speed Calculations software for Traffic Accidents), diz que as investigações em ciência forense, tendo como tema gerador a mecânica dos acidentes de trânsito e devido à sua interface amigável, o SCTA pode ser utilizado como ferramenta auxiliar no ensino de física.

Em outra pesquisa publicada também na Revista Brasileira de Ensino de Física, o autor desenvolve uma metodologia, usando projeção de corpos, onde o “método físico proposto no presente trabalho é uma ferramenta alternativa que pode ser empregada no cálculo de velocidade de qualquer modelo de motocicleta” (MATINS et. Al., 2020, pág. 6) envolvida em acidentes de trânsito.

Em terminação de trajetórias balísticas, onde a posição do atirador e da vítima é importante em serem determinadas, também temos a aplicação e uso da física forense como fator de grande relevância nas análises de reconstrução de fatos físicos em criminalística[14] (ZÚÑIGA; MUÑETÓN, 2017, pág. 1).

Como verificamos, a mecânica clássica aplicada nos casos de criminalística é objeto de publicação em vários artigos científicos, inclusive na área de ensino de física. Neste contexto, optamos em fazer uma abordagem onde envolvemos a física moderna, no âmbito da mecânica quântica, aplicada na resolução de crimes.

[14] Disciplina que tem por objetivo o reconhecimento e interpretação dos indícios materiais extrínsecos relativos ao crime ou à identificação do criminoso. STUMVOLl, V. P. Criminalística. Disponível em:<https://www.editorajuspodivm.com.br/cdn/arquivos/1f373db51b0aea8e5358a82af1678684.pdf >. Acessado em: 21 de Fev. de 2022.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para que fossem atingidos os objetivos propostos para este trabalho de pesquisa, o método utilizado foi o estudo da realidade com base nas práxis educativas, priorizando a relação teoria/prática no contexto educacional do ensino de Física, com enfoque no cotidiano dos alunos.

5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

Inicialmente buscou-se fazer um trabalho de pesquisa entre os aprovados no concurso para o cargo de perito oficial criminal realizado em 2019[15], dado o fato da abordagem forense do conteúdo de física que seria apresentado, bem como por este pesquisador ser professor da Academia de Polícia Civil do Estado do Espírito Santo - ACADEPOL. Entretanto, as aulas do curso de formação ministradas pela Academia de Polícia Civil tiveram início no segundo semestre de 2021, o que passou a ser inviável a aplicação deste trabalho para este grupo, dado os prazos e cronograma apertado de aulas que os alunos estavam submetidos.

Desde setembro de 2020 este pesquisador é professor em designação temporária da Secretaria de Estado da Educação do Estado do Espírito Santo – SEDU, lecionando a disciplina de física na E.E.E.F.M. Elza Lemos Andreatta, situada na região da Ilha das Caieiras, município de Vitória-ES, no turno noturno, em que é oferecida para a comunidade a modalidade de ensino de jovens e adultos (EJA). A escola possui uma ótima estrutura, contando com 17 salas de aula, sala dos professores, internet banda larga, refeitório, biblioteca, quadra poliesportiva coberta, laboratório de ciência (química, física e biologia), laboratório de informática, auditório, pátio coberto e descoberto.

No início do terceiro trimestre de 2021, ainda sob a imposição de restrições devido à pandemia da Covid-19, a rede estadual de ensino encontrava-se ofertando para os alunos a faculdade de estudarem em duas modalidades: o ensino exclusivamente remoto e o ensino híbrido, que alternava o presencial e o

[15] Edital de abertura Nº 001/2018 – PCES, disponível em: <https://pc.es.gov.br/Media/PCES/Legisla%C3%A7%C3%A3o/ed_abert_pces.pdf>. Acessado em 10 de NOV. de 2021.

remoto. Os alunos que optaram em estudar na modalidade remota acessavam as atividades, resumo de conteúdos, apostilas, vídeos aulas, bem como avaliações e questionários aplicados através do uso da ferramenta Google Formulário, disponibilizados pelos professores, através da plataforma Google Sala de Aula[16] (MOTA, 2021, p. 60).

Por intermédio do professor orientador deste trabalho, tivemos contato com a Prof.ª Simone Clarindo, que monitora um grupo de estudantes de ensino médio das escolas públicas estaduais da região da Grande Vitória no Núcleo de Altas Habilidades da SEDU no Núcleo de Ciências da UFES. Através dela, tivemos a oportunidade de fazermos a intervenção proposta pela pesquisa com os estudantes participantes do projeto no início do terceiro semestre de 2021. O Núcleo de Ciências funciona no espaço físico da Pró-reitoria de extensão da UFES, contando com computadores, mesas e carteiras para os estudantes.

5.2 SUJEITOS DA PESQUISA

Na E.E.E.M. Elza Lemos Andreatta participaram da pesquisa alunos do turno noturno, da 2ª e 3ª Etapas do EJA. No mesmo período, aplicamos o produto aos alunos do 1º ano do Ensino Médio que participam do projeto no Núcleo de Ciências da UFES, sendo a maioria deles pertencentes a E.E.E.M. Estadual.

5.3 TIPOLOGIA DA PESQUISA

Pode-se dizer que de uma forma geral o fenômeno de interesse a ser pesquisado está ligado ao ensino, aprendizagem, avaliação, currículo e ao contexto em que se encontra o objeto de pesquisa. Para Moreira (2003), os eventos que devem ser focados numa pesquisa em ensino são episódios, acontecimentos, situações, relativos a ensino, aprendizagem, currículo, contexto e avaliação ou a combinação deles, conforme temos:

> Uma aula, um procedimento de avaliação, um novo currículo, a influência de uma certa variável sobre a aprendizagem, um experimento de laboratório, a percepção mútua de alunos e professores, são exemplos de eventos que interessam à pesquisa em ensino. Esses eventos ocorrem naturalmente ou são feitos acontecer pelo pesquisador que faz,

[16] O Google Sala de Aula é uma plataforma central de ensino e aprendizagem, onde são disponibilizadas ferramentas que auxiliam os educadores na gestão das atividades de ensino. Disponível em: <https://edu.google.com/intl/ALL_br/products/classroom/>. Acessado em 18 de Fev. de 2022.

> então, registros dos eventos. Um videoteipe de uma aula, ou de parte dela, é uma maneira de registrar esse evento. Anotações em uma ficha de observação ou de controle, gravações de entrevistas, mapas conceituais, respostas a testes, são exemplos de registros de eventos. Tais registros são transformados e analisados - quantitativa e/ou qualitativamente - de modo a conduzir a explicações e/ou descrições que procuram responder questões-foco sobre o fenômeno de interesse. Essas questões, na perspectiva usada neste texto, se referem ao fenômeno de interesse da pesquisa em ensino, ou seja, ao ensino propriamente dito, à aprendizagem, à avaliação, ao currículo e ao contexto. (MOREIRA, 2003, p.5-6).

No contexto em que os alunos possuem grande dificuldade para fazerem interpretação de problemas relacionados aos conteúdos de física, a pesquisa com enfoque qualitativo apresenta-se mais adequado como meio de diagnosticar os conhecimentos prévios existentes e identificar indícios de ocorrência de aprendizagem significativa por parte dos alunos. Considerando que na pesquisa qualitativa temos uma abordagem descritiva e interpretativa que possibilita à colheita de dados, o pesquisador não é impedido de transformar os dados coletados durante a investigação, como nos diz Moreira (2011, p. 50):

> O pesquisador qualitativo também transforma dados e eventualmente faz uso de sumários, classificações e tabelas, mas a estatística que usa é predominantemente descritiva. Ele não está preocupado em fazer inferências estatísticas, seu enfoque é descritivo e interpretativo ao invés de explanatório ou preditivo.

Durante o processo de pesquisa, as interpretações narradas pelo pesquisador são enriquecidas com as evidências encontradas na exposição de entrevistas, trabalhos dos alunos, trecho de anotações e relatos, afim de que tais indícios se tornem convincentes ao leitor, de modo que ele possa tirar suas próprias conclusões, concordando ou não com a análise realizada, conforme temos:

> Ao invés de usar gráficos, coeficientes, tabelas estatísticas para apresentar resultados e asserções de conhecimento, o pesquisador qualitativo narra o que fez e sua narrativa concentra-se não nos procedimentos, mas nos resultados. Suas asserções dependem de sua interpretação e só terão validade para o leitor (que pode ser um colega pesquisador, um professor, um administrador, o próprio sujeito da pesquisa) na medida em que eles concordam com essa interpretação (MOREIRA, 2003, p. 24).

Desta forma, este trabalho se encontra enquadrado na proposta de uma pesquisa qualitativa, em que o produto educacional desenvolvido e aplicado encontra-se alinhado para alcançar os objetivos da pesquisa. Tendo sido elaborado nos

pressupostos que são estabelecidos para o desenvolvimento de uma UEPS, buscou-se relatar as etapas de sua aplicação e a análise das evidencias encontradas de Aprendizagem Significativa de tópicos de física moderna e contemporânea para alunos do ensino médio.

5.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Neste trabalho de pesquisa, o material instrucional (MI) elaborado foi baseado no formato proposto por Moreira (2011) de uma UEPS. Foi então elaborada uma Sequência Didática (SD) seguindo cada uma das etapas propostas, sendo então utilizado como instrumento de coleta de dados inicial dois pré-testes. Após o desenvolvimento dos passos da SD, aplicou-se uma avaliação final, composta por um pós-teste. Através das informações levantadas, obteve-se condições para a realização de comparativo entre os resultados apresentados pelos testes.

Foi aplicado um questionário, pré-teste 1, apresentado no APÊNDICE A, para que se pudessem levantar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre alguns conceitos e aplicações relacionadas às ciências forenses[17] e ao trabalho dos peritos criminais. Para tanto, foram elaboradas 07 (sete) questões abertas especificamente tratando sobre o assunto, com o intuito de saber o que os alunos conheciam sobre as ciências forenses, áreas das ciências que são aplicadas na elucidação de crimes, perícia criminal, equipamentos usados nas perícias e o trabalho propriamente dito dos peritos.

Outro questionário, pré-teste 2, apresentado no APÊNDICE B, foi elaborado e aplicado com objetivo de identificar as concepções prévias dos alunos sobre a problemática a ser levantada na dissertação, isto é, constituição atómica da matéria, modelos atômicos e interação luz-matéria, sendo composto por 07 (sete) questões abertas.

Os alunos foram orientados que os questionários dos pré-testes não seriam utilizados como atividade avaliativa, pois somente estavam sendo aplicados para a identificação dos conceitos prévios sobre os temas que serão posteriormente trabalhados durante a aplicação das demais etapas da SD. Pontuou-se também, que eles não necessitavam de se preocupar com as respostas, se estariam

[17] Conjunto de métodos e técnicas científicas aplicadas para a resolução de crimes. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/carreira/o-que-e-ciencia-forense>. Acessado em: 02 e Fev. de 2022.

corretas ou não, mais apenas escrever o que sabiam sobre os conceitos abordados nas questões.

O questionário de pós-teste, disponível no APÊNDICE G, foi aplicado ao final da sequência para aferir elementos de verificação que apontassem a situação de aprendizagem dos educandos, ou seja, se houve aquisição de novos conceitos ao término da aplicação das etapas do trabalho, podendo isso ser estimado a partir da análise e confrontação dos dados coletados no pré-teste 2 com os do pós-teste. A avaliação final, ou pós-teste, foi composta por duas questões fechadas de múltipla escolha e uma questão aberta, envolvendo os conceitos de física estudados e aplicados a situações concretas de resolução de crimes.

Depois de concluído todos os passos da SD, os alunos responderam um questionário de avaliação da sequência didática desenvolvida, disponível no APÊNDICE H, onde foram orientados a terem total liberdade para responderem, não sendo necessário serem identificados. O questionário avaliativo da SD foi composto de cinco questões abertas, que buscaram averiguar as contribuições do trabalho no processo de aprendizagem do conteúdo, e se isso se deu de forma significativa para os estudantes.

5.5 ESTRUTURA DE APLICAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA UEPS

A estrutura com que foi construída a UEPS desenvolveu-se em oito etapas, ou passo, que se deram ao longo de sete encontros de uma hora/aula de 50 minutos cada. Nos tópicos seguintes, descreveremos os procedimentos aplicados pelo professor no decorrer do desenvolvimento do trabalho, conforme as orientações para elaboração de uma UEPS proposta por Moreira (2011).

1ª Etapa: Apresentação do trabalho.

Este primeiro momento teve como objetivo apresentar aos alunos as características do trabalho, que se tratava de um projeto de pesquisa de mestrado, em que se propôs abordar assuntos de física moderna, tendo como fator motivador a física aplicada na resolução de crimes, usando uma interface com as ciências forenses. Nesta etapa também, foi aplicado o primeiro questionário, disponível no APÊNDICE A, onde se buscou saber os conhecimentos iniciais dos estudantes sobre perícia criminal, com questões

relacionadas à perícia, investigação forense e uso de equipamentos pelos peritos, vistos em séries, filmes e nas reportagens jornalísticas exibidas na TV.

2ª Etapa: Levantamento dos conhecimentos prévios.

O objetivo desta etapa foi fazer a identificação dos conhecimentos prévios existentes sobre os conceitos de física, no que tange a constituição atômica da matéria e modelos atômicos. Foi utilizado como instrumento de coleta desses dados um segundo questionário, nomeado “Levantamento Subsunçores sobre conceitos de Física”, disponibilizado no APÊNDICE B.

3ª Etapa: Situação-problema inicial.

Após a realização do levantamento dos conhecimentos prévio sobre as ciências forenses, bem como sobre os conceitos de física proposto para esse trabalho, foi apresentado o primeiro texto de contextualização, disponível no ANEXO I do produto educacional, intitulado “SÃO OSSOS HUMANOS OU NÃO?” (Figura 15). Após a leitura do texto, os alunos assistiram a um vídeo intitulado “Experimento com Luzes Forenses” (Figura 16).

Figura 15 - Recorte do Texto: São Ossos Humanos ou Não?

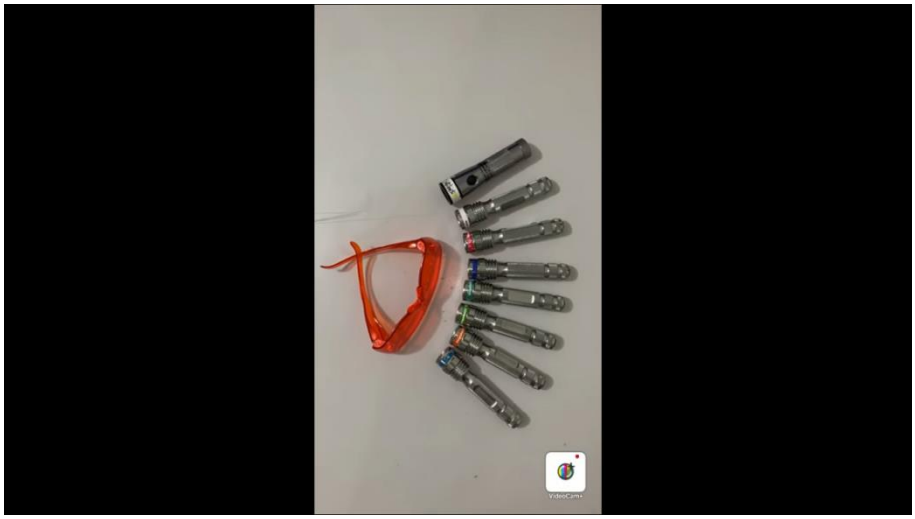
Anexo I

SÃO OSSOS HUMANOS OU NÃO?

Mais um dia de trabalho que parecia tranquilo, mais eis que ao anoitecer, a equipe de peritos criminais que se encontrava de serviço na base do Departamento de Criminalística, é acionada pelo centro integrado operacional de defesa social – CIODES para uma ocorrência numa certa região da Grande Vitória. Durante o deslocamento, a equipe de peritos foi recebendo as informações existentes sobre a ocorrência através do CIODES, que informou tratar-se de um encontro de alguns pedaços de ossos, semelhantes a ossos humanos num terreno baldio.

Fonte: Próprio autor.

Figura 16 - Recorte do Vídeo: “Experimento com Luzes Forenses”.



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PybGqBH3csI>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Na sequência, os alunos fizeram a leitura de um segundo texto de contextualização, intitulado “DOCUMENTOS E CÉDULAS FALSAS OU NÃO?” (Figura 17), disponível no ANEXO II do produto educacional, e assistiram ao vídeo intitulado “Polícia mostra como identifica documento e dinheiro falsos” (Figura 18). Ao final desta etapa, os alunos responderam a um questionário, disponibilizado no APÊNDICE C, composto de duas questões abertas sobre a aplicação das ciências, sobretudo a utilização de luzes, na resolução de crimes.

Figura 17 - Recorte do Texto: Documentos e Cédulas Falsas ou Não?

DOCUMENTOS E CÉDULAS FALSAS OU NÃO?

Infelizmente em nossa sociedade somos ainda surpreendidos por inúmeros casos em que criminosos utilizam-se de fraudes em documentos, como falsificação de cédulas de identidade, cadastros de pessoa física, passaportes, carteiras funcionais e certidões.

Os peritos criminais, responsáveis pela análise dos vestígios deixados quando um crime é cometido, receberam no laboratório de Documentoscopia Forense uma carteira de identidade e algumas cédulas de reais apreendidas pela polícia numa operação na residência de um cidadão acusado de realizar fraudes no comércio utilizando esses materiais suspeitos de serem falsificados.

Fonte: Próprio autor.

Figura 18 - Recorte do Vídeo: “Polícia mostra como identifica documento e dinheiro falsos”.

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=q0yS9qp5lC4>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

4ª Etapa: Apresentação dos conceitos físicos.

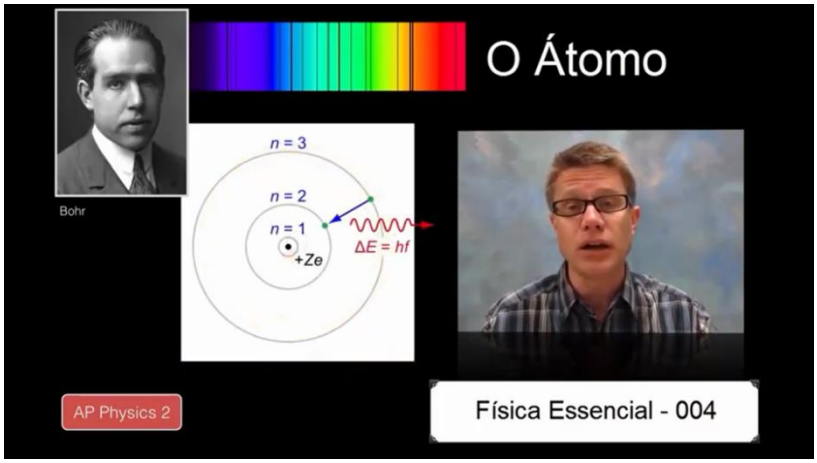
Com o objetivo de apresentar os conhecimentos de física moderna a serem aprendidos, iniciando por aspectos mais gerais, os alunos assistiram um vídeo tratando sobre a evolução dos modelos atômicos, de J. Dalton até N. Bohr (Figura 19).

Figura 19 - Recorte do Vídeo: “Tudo se Transforma, História da Química, História dos Modelos Atômicos”.

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

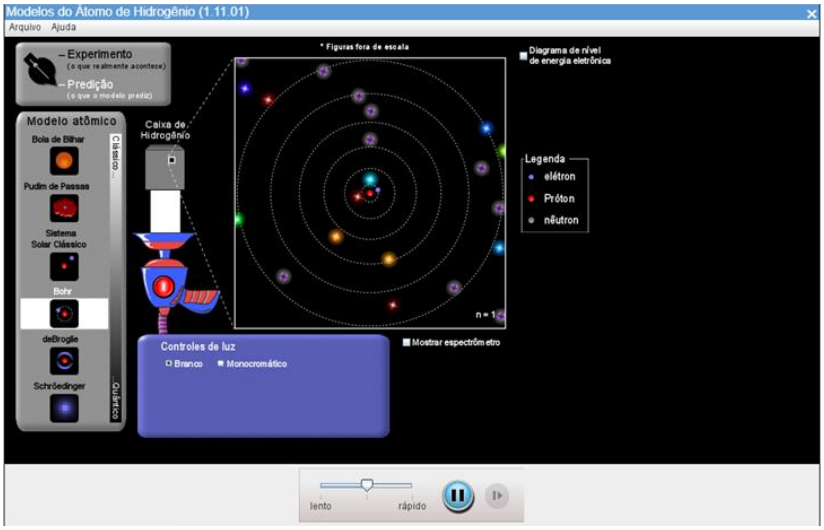
Para avançar com aspectos mais específicos do conteúdo, outro vídeo foi apresentado, detalhando um pouco mais o modelo atômico de Bohr (Figura 20). Para auxiliar os alunos a visualizarem os principais modelos atômicos que foram estudados e apresentados nos vídeos exibidos nesta etapa, o professor apresenta um simulador computacional para que os alunos possam utilizar (Figura 21). Ao final dessa etapa, foi aplicado um questionário com exercícios de fixação sobre os conceitos abordados sobre o átomo de Bohr, disponível no APÊNDICE D.

Figura 20 - Recorte do Vídeo: “O átomo de Bohr | Estrutura eletrônica de átomos | Química | Khan Academy”.



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E-9eRrg5oy4>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Figura 21 - Simulador Phet: Modelos do Átomo de Hidrogênio.

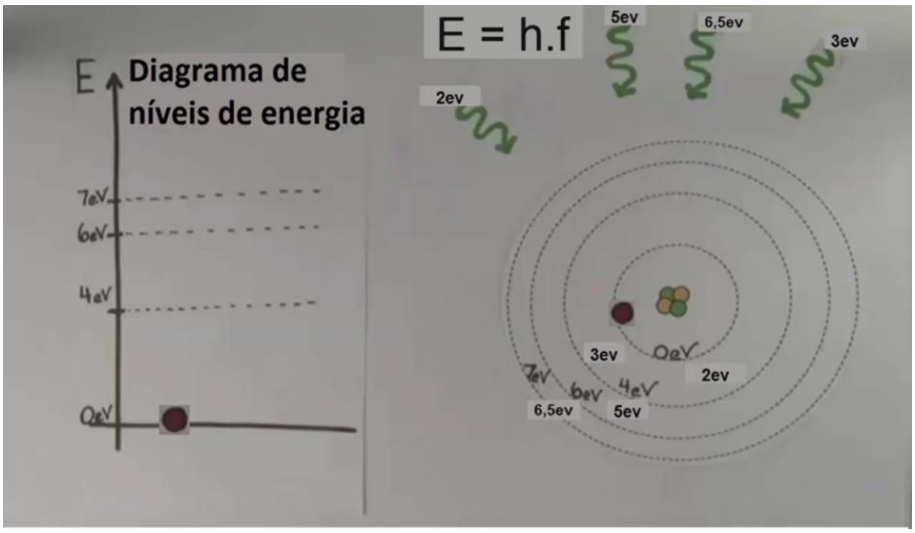


Fonte: Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/hydrogen-atom/latest/hydrogen-atom.html?simulation=hydrogen-atom&locale=pt_BR>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

5ª Etapa: Aprofundando os conhecimentos.

Nesta etapa da SD, o objetivo foi promover um aprofundamento dos conhecimentos dos alunos, buscando um nível um pouco mais complexo dos conceitos em relação ao conteúdo apresentado aos alunos nas etapas anteriores. Foi então exibido um vídeo intitulado “Níveis de Energia Atômica – Física - KhanAcademy” (Figura 22), que tratou de aspectos relacionados as transições eletrônicas e níveis de energia, enfatizando os processos de absorção e emissão de energia, bem como o papel dos fótons.

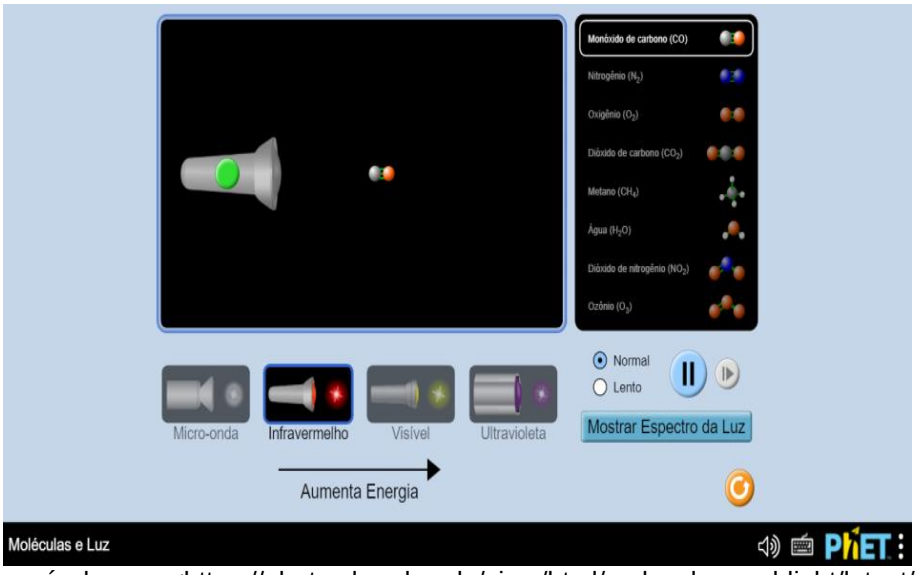
Figura 22 - Recorte do Vídeo: “Níveis de Energia Atômica – Fisica - KhanAcademy”.



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pAVnxDz_d0g>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Após a finalização da apresentação do vídeo, os alunos interagiram com um simulador computacional (Figura 23), onde puderam modelar simulações de interação entre a luz, de comprimentos de onda diferentes, com algumas moléculas pré-definidas no simulador. Ao final desta etapa, foi aplicado um questionário abordando a utilização do simulador, disponível no APÊNDICE E.

Figura 23 - Simulador Phet: Moléculas e Luz.

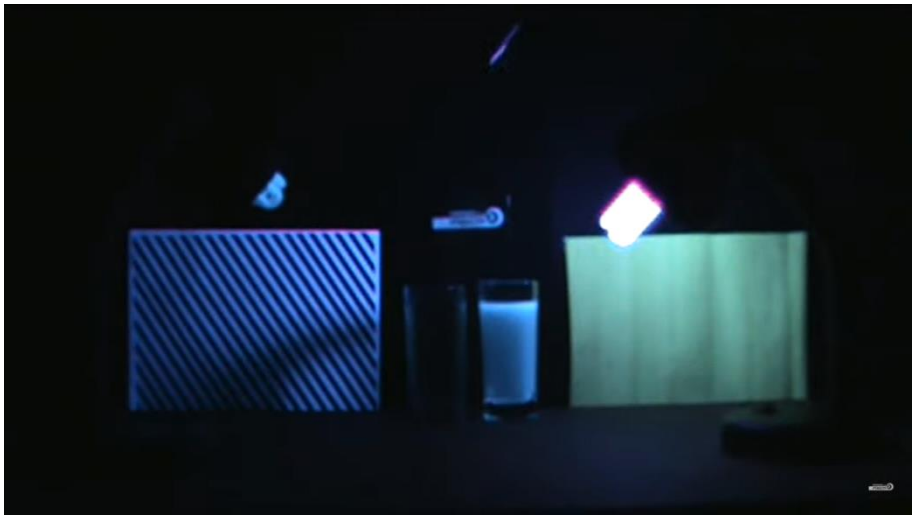


Fonte: Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

6ª Etapa: Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa.

Como o objetivo de promover os processos de reconciliação integrativa e da diferenciação progressiva, foram apresentados aos alunos os conceitos estudados nas aulas anteriores através da exibição de vídeos. No primeiro, o assunto abordado foi sobre o fenômeno da Luminescência (Figura 24), nos casos de Fluorescência e Fosforescência.

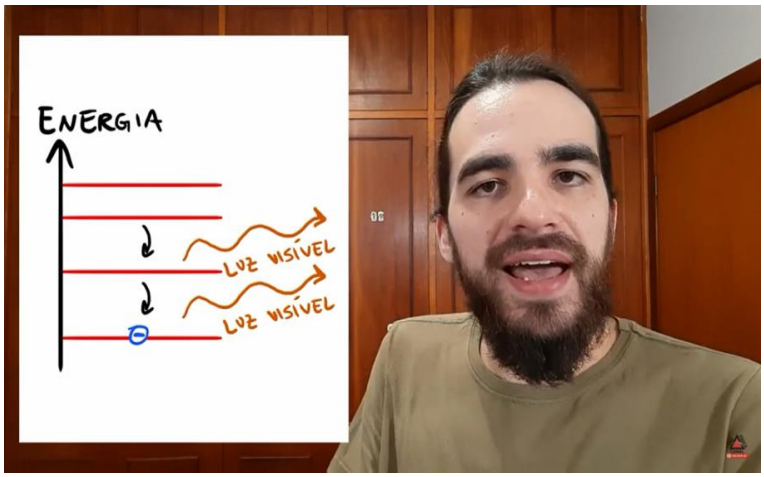
Figura 24 - Recorte do Vídeo: “Mago da Física - Fontes de Luz: Fluorescência x Fosforescência”.



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E7myRTmV_Pk>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Na sequência, os alunos assistiram outro vídeo (Figura 25), onde foram abordados os fenômenos físicos envolvidos no processo de iluminação das lâmpadas fluorescentes, onde foi possível retomar os aspectos mais importantes sobre o conteúdo num nível mais complexo. O processo da *quimioluminescência*[18] foi apresentado aos alunos, pelo professor pesquisador, através da exibição de dois trechos do seriado CSI, onde o fenômeno foi usado na detecção de sangue num objeto utilizado num crime (Figura 26 e 27). Após a exibição dos vídeos, solicitar aos alunos que respondam a questão disponível no APÊNDICE F.

Figura 25 - Recorte do Vídeo: “COMO FUNCIONA A LÂMPADA FLUORESCENTE?”.



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BxsPlPrUID8>. Acessado em: 01 de Jul de 2020 às 15h30.

Figura 26 - Recorte do Vídeo: “CSI 1T E21 Efeito Luminol”.

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=g9UYZYTteP4>. Acessado em: 01 de Jul de 2020 às 15h30.

[18] A quimiluminescência consiste na produção de luz a partir de uma reação química. Disponível em: <https://www.scienceinschool.org/pt-pt/article/2011/chemiluminescence-pt-pt/>. Acessado em: 02 de Fev. de 2022.

Figura 27 - Recorte do Vídeo: “CSI 3T EP15 Efeito LuminolAgain”.

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fozXV3xMQ-w>. Acessado em: 01 de Jul de 2020 às 15h30.

7ª Etapa: Pós-teste e Avaliação da UEPS.

Tendo os alunos sido informados previamente que seriam submetidos a uma avaliação individual de aprendizagem, o teste foi então aplicado neste momento da sequência, tendo como objetivo verificar a aquisição de conceitos sobre o modelo atômico de Bohr, níveis de energia e transições eletrônicas, associado a um contexto de investigação criminal. A avaliação individual encontra-se disponível no APÊNDICE G. Como parte final da sequência, foi realizada também nesta aula a avaliação da UEPS por parte dos alunos, onde aplicou-se um questionário, disponível no APÊNDICE H**,** em que os estudantes participantes da pesquisa foram motivados a avaliarem a sequência de aulas desenvolvidas anteriormente.

5.6 PARÂMETROS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS

Utilizamos os critérios que se encontram descritos no Quadro 1, proposto inicialmente por Silva, C. (2014) e Libardi (2014), para classificar as respostas que os alunos deram às perguntas que foram apresentadas nos questionários no decorrer da SD. Após a classificação das respostas, será feita nos tópicos posteriores uma análise dos resultados obtidos para se verificar os subsunçores existentes, as concepções alternativas e o impacto da SD na assimilação dos conceitos abordados.

Quadro 1: Categorias para análise das respostas dos alunos na SD.

Categorias	Características	Informações Relevantes
Correta (C)	Resposta que coincide com a esperada, de acordo com o estabelecido pelo conhecimento científico aceito.	Utilização de conceitos e grandezas corretas, com proposições corretas.
Parcialmente Correta (PC)	Resposta que contém ideia geral correta ou próxima à esperada, porém com utilização de grandezas ou conceitos incorretos.	Demonstra possuir conceitos alternativos ou falha na compreensão do significado da grandeza utilizada. Por isso, as proposições utilizadas podem estar incorretas.
Incorreta (I)	Resposta que não possui as informações necessárias para explicação do fenômeno ou que diverge do estabelecido pelo conhecimento científico.	Demonstra não possuir conhecimento acerca do assunto abordado, ou inverte as características dos conceitos/grandezas analisados na questão.
Branco (B)	Resposta em Branco	-

Fonte: Silva, C. (2014), Libardi (2014) e Benaquio (2016).

A análise das respostas dadas pelos alunos será feitas com base no Método da Análise de Conteúdo proposto por Bardin (1977), cujo termo designa-se como:

> Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 1977, p. 42).

Para Bardin (1977), a análise de conteúdo assenta-se de foram implícita no fato de que a categorização, como a passagem dos dados brutos para dados organizados, não introduz desvios, seja por excesso ou por recusa, no material, mas revelam-se índices invisíveis, ao nível dos dados brutos. Neste contexto, pode-se definir categorização como sendo “uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com critérios previamente definidos” (BARDIN, 1977, P. 117-118).

Utilizamos para esta análise, a categorização adaptada descrita no Quadro 2, proposto por Mardegan (2021), onde os conceitos assimilados pelos estudantes são classificados da seguinte forma: descreveu corretamente; descreveu parcialmente; não atingiu o objetivo.

Quadro 2: Categorização adaptada.

CONCEITOS		
Descreveu corretamente	**Descreveu parcialmente**	**Não atingiu o objetivo**
O aluno foi capaz de compreender e entender o fenômeno físico descrito na questão.	O aluno foi capaz de perceber a existência do fenômeno físico na questão, porém não foi capaz de compreender e entender o fenômeno descrito.	O aluno não foi capaz de identificar o fenômeno descrito na questão, bem como não é capaz de identificar os conceitos físicos envolvidos.

Fonte: Mardegan (2021).

Depois de realizada a classificação das respostas dos alunos as questões presentes nos questionários de pré-teste e do pós-teste, os resultados foram analisados utilizando-se da construção de gráficos, cujo objetivo foi verificar a aquisição dos novos conceitos abordados no desenvolvimento da intervenção.

6 RESULTADOS E ANÁLISE

Neste capítulo estão apresentados os resultados levantados no transcorrer da aplicação do produto educacional, desenvolvido ao longo das sete etapas propostas. Foram utilizados como instrumentos de medida do aproveitamento dos alunos ao longo da sequência: dois pré-teste inicial, composto por dois questionários contendo sete questões abertas, abordando os conhecimentos prévios dos alunos, sendo um sobre os conceitos relacionados às ciências forenses e o outro sobre os conceitos relacionados à física moderna; um pós-teste constituído de duas questões de múltipla escolha e uma questão aberta, onde se buscou abordar nas questões a relação entre os conceitos físicos aplicados num contexto de investigação criminal.

A realização da pesquisa se deu no final do segundo trimestre de 2021, e foi feita na Escola Estatual de Ensino Médio Elza Lemos Andreatta, situada no bairro Ilha das Caieiras, município de Vitória-ES, com os alunos das 2ª e 3ª etapas do ensino de jovens e adultos – EJA e com os alunos do 1º ano do Ensino Médio participantes do projeto do Núcleo de Altas Habilidades da UFES, Campus Goiabeiras, também em Vitória-ES.

6.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE

O levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes se deu pela aplicação de dois questionários. O primeiro, que se encontra no APÊNDICE A, teve como objetivo verificar os conhecimentos existentes sobre as ciências forenses. Já o segundo, que se encontra no APÊNDICE B, buscou-se aferir as concepções prévias dos alunos em relação a alguns conceitos de física moderna.

Nesta pesquisa tivemos a participação de estudantes oriundos de duas realidades diferentes: alunos das 2ª e 3ª etapas do ensino de jovens e adultos - EJA da Escola Estadual de Ensino Médio Elza Lemos Andreatta e dos alunos do ensino médio que participam do projeto de extensão da UFES no Núcleo de Altas Habilidades.

6.1.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE 01 DOS ALUNOS DO EJA

No primeiro questionário, que aborda as questões ligadas aos conhecimentos prévios sobre as ciências forenses, tivemos 40 contribuições, sendo que destas, 12 alunos apenas responderam em sala de aula de forma presencial as questões, utilizando os recursos tecnológicos disponibilizados pela escola, no caso, Cromebooks. Os demais, 28 alunos, responderam os formulários de outras localidades assincronamente.

A primeira questão teve como objetivo verificar o que os alunos conheciam sobre as ciências forenses:

“1) Escreva o que você conhece sobre ciências forenses”.

Em relação aos alunos que responderam presencialmente, verificamos que 50% informaram desconhecer totalmente sobre as ciências forenses. Já 25% do grupo presencial, relacionaram às ciências forenses a resolução de crimes. Os 25% restante escreveu ser uma ciência criminal, não fazendo ligação com uso dos mais variados ramos das ciências para elucidação de crimes.

Dos 28 alunos que preencheram o formulário assincronamente, aproximadamente 15% responderam não conhecer nada sobre as ciências forenses. Aproximadamente 11%, associaram as leis criminais ou a investigação. Os

demais 74% do grupo responderam associando as ciências forenses a um conjunto de métodos e técnicas científicas aplicadas na resolução de crimes.

Na segunda questão apresentada aos alunos, tivemos como objetivo verificar se os alunos tinham conhecimento de alguma área da perícia:

> *“2)Quais áreas da perícia você já ouviu falar?”.*

Do grupo presencial, 42% aproximadamente respondeu desconhecer totalmente as áreas da perícia. Já 16% associaram a questão a uma carreira e a instituições previdenciárias. Para aproximadamente 42%, são entendidas como áreas da perícia: “autópsia”, “Perícia Criminal”, “Perícia Médica”, “Perícia Trabalhista” “Perícia de Trânsito” e “Perícia de Meio Ambiente”.

Em relação ao grupo das respostas dos alunos assíncronos, obtivemos que aproximadamente 19% respondeu desconhecer alguma área da perícia. Já os 81% restante apontaram conhecer ao menos uma área da perícia, como “Meio Ambiente”, “Trânsito”, “Química”, “Toxicologia”, “Genética”, entre outras. Nenhum aluno respondeu parcialmente a questão.

Na terceira questão, o objetivo foi saber se os alunos conheciam algum tipo de equipamento ou técnica utilizada pelos peritos na resolução de crimes:

> *“3) Saberia dizer alguns dos equipamentos ou técnicas utilizadas pelos peritos na elucidação de um crime?”.*

Em relação a terceira questão respondida pelos alunos presenciais, 25% dos informaram não conhecer nada sobre equipamentos ou técnicas utilizadas pelos peritos. Já 75% responderam apresentando alguma técnica ou equipamento, mesmo os mais simples como caneta e caderno para anotações, como os modernos exames de DNA e a utilização de Microscópio Eletrônico de Varredura.

Já para os alunos assíncronos, 19% responderam não conhecer nenhum tipo de técnica ou equipamento utilizado pelos peritos. Deste grupo, 11% apontaram questões que não são relacionadas com técnicas ou equipamento, embora esteja ligada a perícia. Os 70% restante dos alunos responderam apontando algum tipo de técnica e/ou equipamento usado pelos peritos, tais como “Luminol”, “luzes infravermelha e ultravioleta”, “microscópio”, “lupa”, entre outras.

A quarta questão teve como objetivo verificar o conhecimento dos estudantes em relação as áreas das ciências que são utilizadas pelos peritos nos seus trabalhos:

> *“4) Em sua opinião, quais ramos das ciências são aplicados pelos peritos nos seus trabalhos de investigação criminal?”.*

Em relação a quarta questão, para o alunos presenciais, apenas 8% responderam ter conhecimento sobre algumas áreas das ciências aplicadas na resolução de crimes, informando “física, biologia e química”. Os demais 92% do grupo presencial não souberam informar nenhuma área do conhecimento científico associado às questões forenses.

Já para o grupo de alunos assíncronos que responderam a quarta questão do questionário, 46% responderam demonstrando desconhecimento de áreas das ciências aplicadas para resolução de crimes. Os demais 54% dos estudantes apontaram em suas respostas alguma área das ciências como “biologia”, “medicina”, “toxicologia”, “farmácia”, entre outras, respondendo satisfatoriamente a questão.

Na quinta questão se propôs verificar se os estudantes já viram ou acompanharam o trabalho de um perito, relatando um pouco sobre o que viram:

> *“5) Você já viu um perito atuando? Se a reposta for sim, relate um pouco sobre o que você viu do trabalho”.*

Temos que 17% dos alunos presenciais que responderam a questão informaram terem visto a atuação de peritos apenas em seriados de TV. Já os 83% restante dos estudantes disseram nunca terem visto peritos em atuação. Vale ressaltar que 0%, ou seja, nenhum dos pesquisados disseram terem acompanhado presencialmente o trabalho de peritos.

Entre os estudantes remotos que responderam a questão, 81% informaram não terem visto ou acompanhado o trabalho dos peritos. Já 19% dos alunos apontaram já terem visto a atuação de peritos, sendo todas as respostas relacionadas à coleta de vestígios em local de crime. Nenhuma das respostas fez menção a séries de televisão.

A sexta questão teve como objetivo verificar quais seriados televisivos os alunos conheciam e quais as convergências observadas por eles entre a realidade e a ficção:

> *6) Você já assistiu filmes ou seriados sobre investigação forense? Quais? Você vê semelhança entre o dia a dia e a ficção no trabalho dos peritos?*

Nesta sexta questão, 50% dos alunos presenciais informaram não terem assistido e desconhecerem alguma série de TV que aborde assuntos ligados à investigação criminal. Já para os demais 50% dos estudantes, manifestaram conhecer e já terem assistido a algum tipo de seriado ligado as questões de investigação de crimes, como “CSI”, “Grey’sAnatomy”, entre outros.

Dos estudantes que responderam o questionário remotamente, pouco mais de 50% disseram não terem acompanhado, ou desconhecem algum seriado de TV que aborde as questões de perícia criminal. Os 50% restante apontaram acompanhar série de TV sobre perícia criminal e estabelecem relação com o trabalho real dos peritos.

Na sétima e última questão deste formulário, buscou-se verificar se os aprendizes possuíam algum conhecimento prévio sobre luzes de cores distintas utilizadas para auxiliar os peritos no levantamento de vestígios nos locais de crime:

> *“7) Você conhece alguma coisa sobre a aplicação de luzes de frequências (cores) diferentes para auxiliar no levantamento de vestígio num local de crime? Caso conheça, em sua opinião, quais e de que modo seriam esses procedimentos?”.*

Em relação a última questão do formulário, 83% dos estudantes responderam desconhecer alguma aplicação de luzes de cores (frequências) distintas em locais de crimes. Já 17% dos alunos disseram ter conhecimento de tal aplicação, citando o fenômeno da “quimiluminescência” e o uso de “luz negra” como aplicações de luzes em levantamento de vestígios em locais de crime.

Temos que 81% dos alunos remotos responderam não conhecer nada sobre as aplicações forenses das luzes. Tivemos que 19% dos estudantes apontaram conhecerem alguma forma de utilização das luzes de frequências diferentes para

auxiliar na revelação em locais de vestígios, sendo citadas “luz negra” e luz “infravermelha”.

Analisando os resultados apresentados pelos dois grupos, ou seja, os que responderam presencialmente em sala de aula e os que responderam assincronamente, podem verificar que ocorreu uma diferença entre os grupos nas respostas dadas nas questões 1, 2 e 4. Nas demais questões, os resultados foram muito próximos em ambos os grupos. Tal diferença nas questões pode ter ocorrido pelo fato dos alunos assíncronos estarem fora do ambiente escolar, e da supervisão do professor durante o momento de responder ao questionário, este grupo, possivelmente, realizou algum tipo de pesquisa para responder as questões. Nas questões 3, 5, 6 e 7 houve um equilíbrio nas respostas dadas pelos dois grupos, não sendo identificada uma ocorrência de pesquisa por parte dos alunos assíncronos.

6.1.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE 01 DOS ALUNOS DO NÚCLEO DE CIÊNCIAS DA UFES

Em relação às questões ligadas aos conhecimentos prévios sobre as ciências forenses, abordadas no primeiro questionário, tivemos a contribuição de 16 estudantes participante do projeto realizado no Núcleo de Altas Habilidades da SEDU no Núcleo de Ciências da UFES, sendo todas elas de modo presencial. Os alunos fizeram uso dos computadores disponibilizados pelo projeto para responderem as questões.

Verificando as respostas dadas pelos alunos para a primeira questão do primeiro formulário, levantamos que 88% dos alunos responderam desconhecerem totalmente sobre as ciências forenses. Tivemos 12% que associou as ciências forenses a “investigação” e a figura de um “detetive”, considerando uma resposta parcial da questão. Logo, 0% expressou ligação com uso de técnica para elucidação de crimes.

Na segunda questão, obtivemos um resultado de 31% de desconhecimento por parte dos alunos de alguma área da perícia. Outros 31% associaram parcialmente as áreas da perícia a “Polícia”, “Investigação” e “Detetive”. Tivemos nesta questão

38% que responderam conhecer alguma área pericial, como “Perícia Criminal”, “Autopsia” e “Examinar um corpo”.

Já na terceira questão, tivemos que para 31% dos estudantes que responderam a questão informaram desconhecerem algum equipamento ou técnica usada por peritos. Apontaram conhecer alguma técnica ou equipamento 50% dos alunos. Já para 19% dos alunos, a associação para esta questão foi ligada a atividade estritamente policial, como uso de cães, armas de fogo e coleta de material.

Temos que 56% dos alunos que responderam a quarta questão disseram não conhecer nenhuma área das ciências aplicada à resolução de crimes. Já os demais 44% informaram conhecer ao menos uma área das ciências utilizada na elucidação de crimes.

Na quinta questão, 69% dos alunos expressaram nunca terem visto a atuação de um perito. Tivemos que 25% apontaram já terem visto em séries ou acompanhando o trabalho do perito num local real. Um grupo de 6% relacionou com a atuação de policiais ostensivos empregando cães em alguma operação.

A sexta questão, que abordou sobre o conhecimento dos alunos a respeito dos seriados de TV sobre investigação criminal, 31% informou desconhecer alguma série sobre o assunto. Já para 69% dos alunos participantes, se verificou que conhecem ao menos um seriado, fazendo associação a atividade real dos peritos atuando em cenas de crimes.

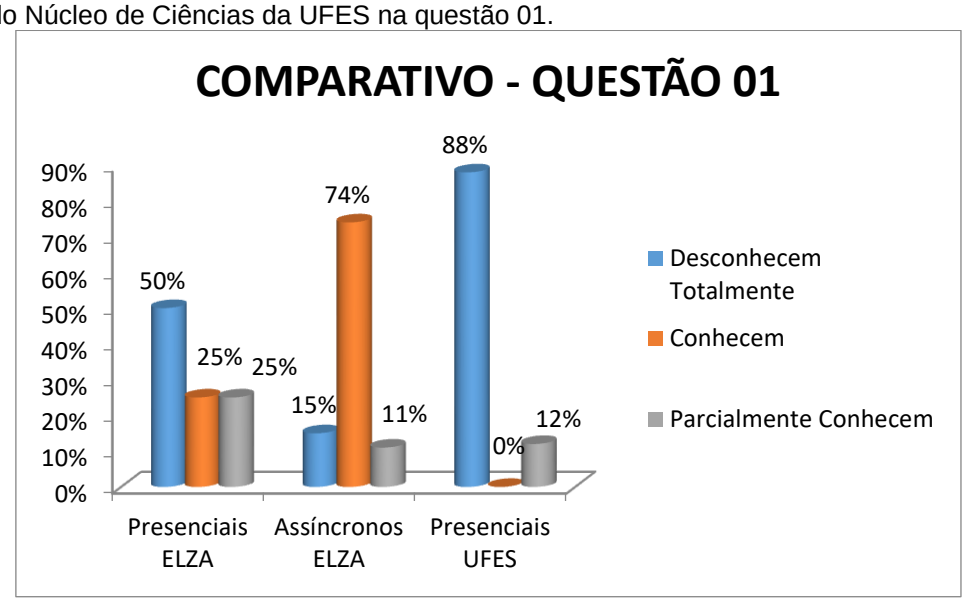
Verificou-se que 56% dos alunos que responderam a sétima e última questão do formulário desconhecem alguma utilização/aplicação de luzes de frequências distintas para a revelação de vestígios em locais de crime. Obtemos que 44% dos estudantes informaram conhecer que os peritos usam luzes como “ultravioleta” ou “luz negra” para revelar vestígios não vistos a olho nu numa cena de crime.

6.1.3 DA COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENTRE OS GRUPOS NO PRÉ TESTE 01

Para a visualização do comportamento das respostas por parte dos três grupos no primeiro Pré-teste, analisados nos item anteriores, ou seja, os alunos presenciais do EJA, os alunos assíncronos do EJA e os alunos do Núcleo de

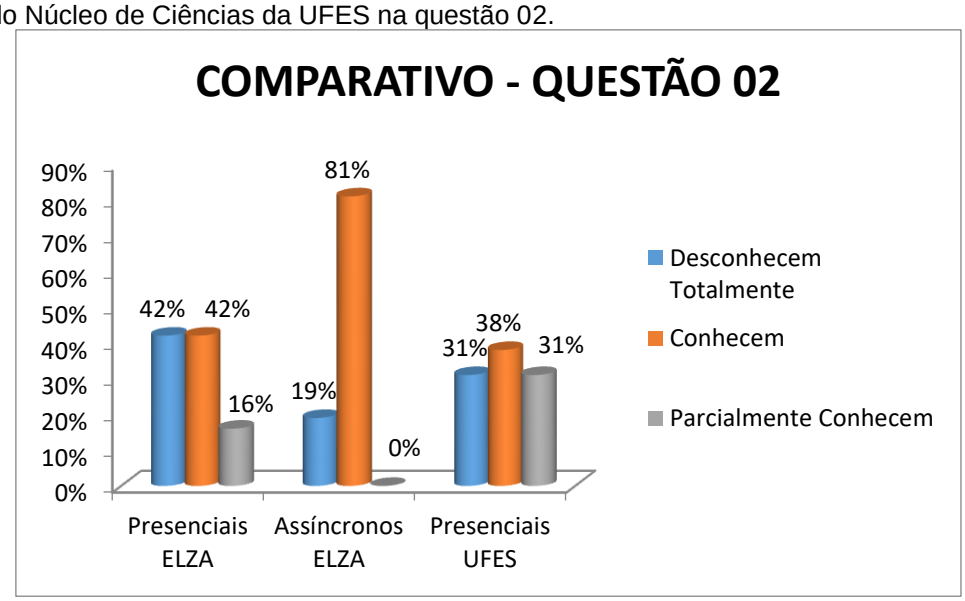
Ciências da UFES, apresentamos abaixo os gráficos comparativos entre os resultados percentuais referentes a classificação das respostas dadas por eles.

Gráfico 01 – Comparativo entre as respostas dos alunos Presenciais e Assíncronos do Elza e os alunos do Núcleo de Ciências da UFES na questão 01.



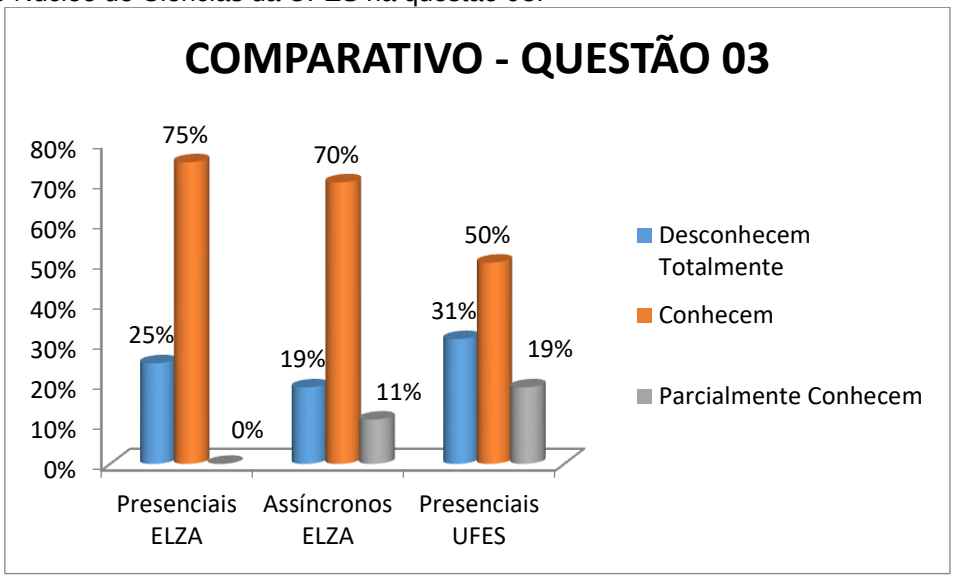
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Gráfico 02 – Comparativo entre as respostas dos alunos Presenciais e Assíncronos do Elza e os alunos do Núcleo de Ciências da UFES na questão 02.



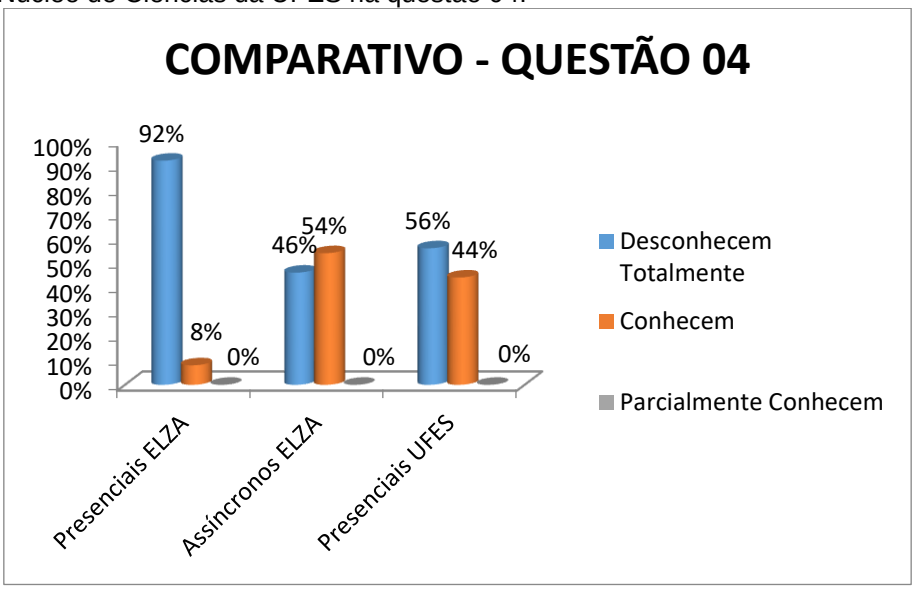
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Gráfico 03 – Comparativo entre as respostas dos alunos Presenciais e Assíncronos do Elza e os alunos do Núcleo de Ciências da UFES na questão 03.



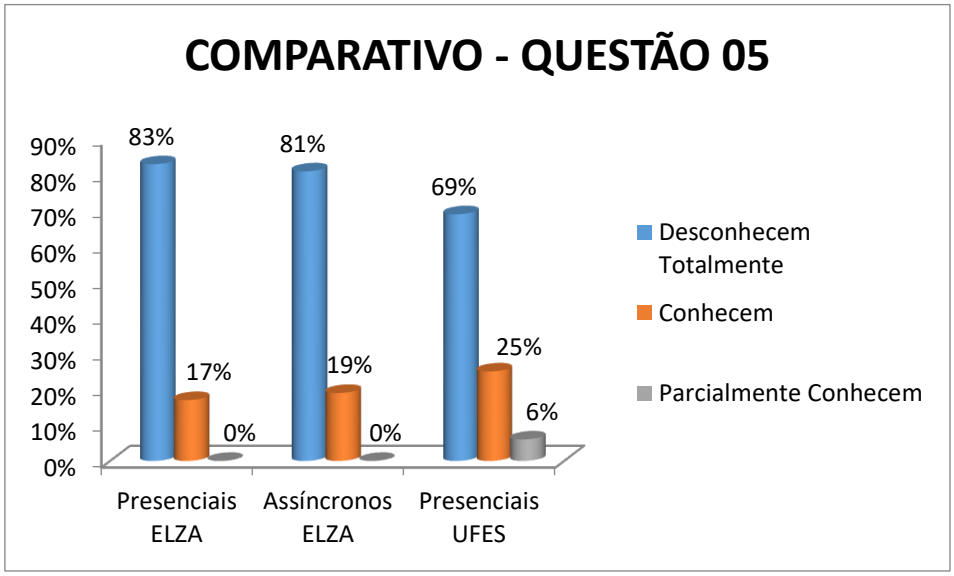
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Gráfico 04 – Comparativo entre as respostas dos alunos Presenciais e Assíncronos do Elza e os alunos do Núcleo de Ciências da UFES na questão 04.



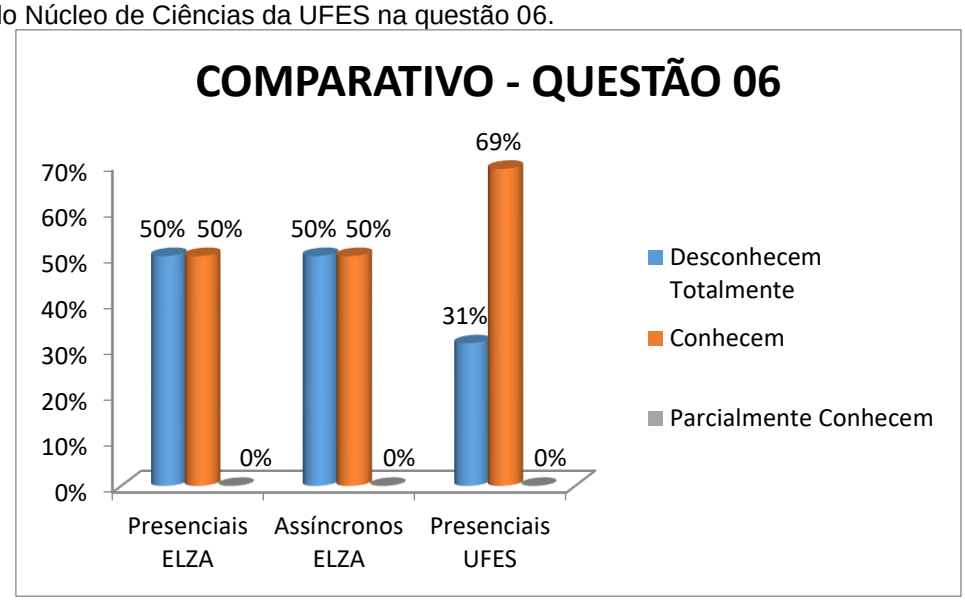
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Gráfico 05 – Comparativo entre as respostas dos alunos Presenciais e Assíncronos do Elza e os alunos do Núcleo de Ciências da UFES na questão 05.



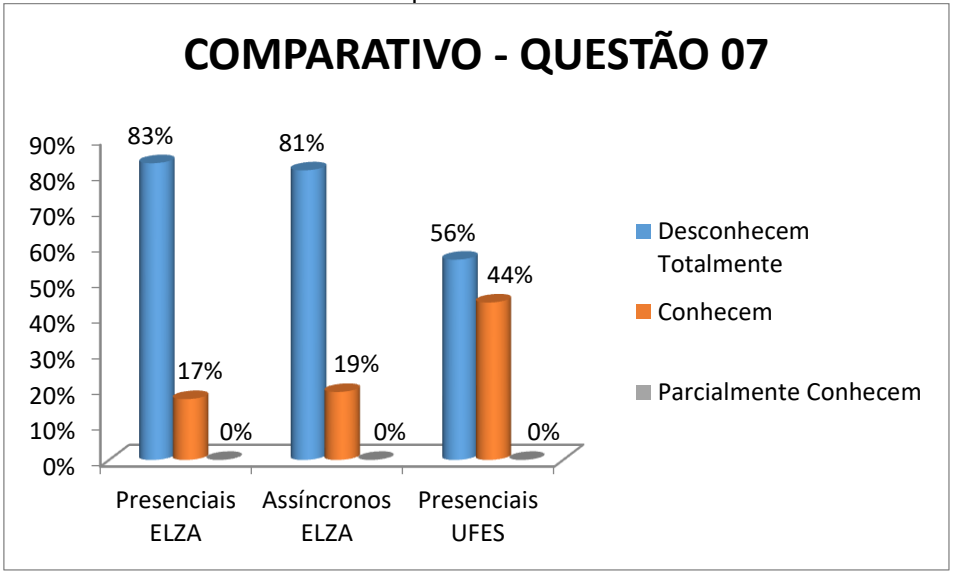
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Gráfico 06 – Comparativo entre as respostas dos alunos Presenciais e Assíncronos do Elza e os alunos do Núcleo de Ciências da UFES na questão 06.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Gráfico 07 – Comparativo entre as respostas dos alunos Presenciais e Assíncronos do Elza e os alunos do Núcleo de Ciências da UFES na questão 07.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

6.1.4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE 02 DOS ALUNOS DO EJA

Os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos de física moderna foram levantados no segundo questionário, presente no APÊNDICE B. Nele, obtivemos 35 contribuições, sendo 10 alunos que responderam em sala de aula de forma presencial as questões, utilizando os recursos tecnológicos disponibilizados pela escola, no caso, Cromebooks e os demais 25 alunos responderam o formulário de modo assíncrono.

O objetivo na primeira questão foi verificar o que os alunos conheciam sobre a constituição da matéria:

"1)No seu entender, como é constituída basicamente a matéria?".

Dos estudantes que responderam presencialmente a primeira questão, identificamos que 50% informaram desconhecer totalmente sobre a constituição da matéria ou não responderam. Para 10% do grupo, verificou-se que associa ao "átomo". Já para os demais 40% do grupo presencial, relacionaram a constituição da matéria a algo "tocável", "lugar no espaço", elementos como "pressão", "fogo", "luz", "eletricidade" e "som".

Tivemos 25 alunos que preencheram o formulário assincronamente. Destes, 8% responderam não conhecer nada sobre a constituição da matéria. Para 32%, os

“átomos” são os elementos que compõem a matéria. Já para os demais 60% tivemos uma associação da constituição da matéria como sendo o que “ocupa lugar no espaço”.

Na segunda questão o objetivo foi verificar o que os alunos entendiam ser o Átomo:

> *“2) No seu entender, o que seria um átomo?”.*

Dos alunos presenciais que responderam a questão, 10% disseram desconhecer sobre o que seria o átomo. Outros 10% associaram parcialmente, relacionando a uma divisão da matéria que chega ao átomo. Já para 80% dos alunos presenciais o átomo é a “menor partícula da matéria”, “unidade básica da matéria”, composto por “prótons, nêutrons e elétrons” ou “núcleo central positivo”.

Para os alunos remotos que responderam a questão, 100% deles fizeram associação do átomo como sendo o “formador da matéria”, “núcleo positivo envolto por elétrons”, “partícula minúscula produzida por elétrons, prótons e nêutrons”.

Na terceira questão, se buscou verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a constituição do átomo de forma escrita e através de um desenho que representasse o modelo da estrutura do átomo conhecido por eles:

> *“3) Para você, quais os elementos (partículas) que compõem um átomo? Faça um desenho que, no seu entender, represente esse átomo”.*

Tivemos 60% dos alunos presenciais que responderam não saber ou não responderam sobre as partículas que compõem o átomo. Já para 20% do grupo, informaram serem os “elétrons”, os “prótons” e os “nêutrons” as partículas que constituem o átomo. Os demais 20% restante responderam parcialmente a questão, informando isoladamente as partículas “elétrons”, ou “prótons” ou “nêutrons”. Nenhum estudante fez um desenho esboçando seu conhecimento sobre o modelo que representasse o átomo.

Já em relação aos alunos assíncronos, verificou-se que 28% desconheciam, ou não informaram, as partículas que compõem a estrutura do átomo. Para 60% do grupo, tais partículas seriam os “prótons”, “nêutrons” e os “elétrons”. Os demais

12% dos alunos informaram de forma parcial os elementos constituintes do átomo. Da mesma forma que os alunos presenciais, os assíncronos não fizeram desenhos representando suas concepções sobre o modelo do átomo.

Na quarta questão, buscou-se verificar as concepções prévias dos estudantes sobre a interação luz-matéria:

> *“4) No seu entender, quando ocorre a incidência de luz sobre os elementos que compõem a matéria, o que ocorre?”.*

Dos alunos presenciais que responderam a questão, 30% não sabem ou não responderam sobre o que entendem da interação luz-matéria. Tivemos 10% dos estudantes que apontaram uma associação com absorção de energia no processo da interação da luz com a matéria. Já os demais 60% do grupo, apontaram termos como “ficarem iluminados”, “ondas eletromagnéticas”, “ficar claro”, “temperatura elevada”, “cargas” e “ondas de cores” para responderem a esta questão.

Entre os alunos que responderam ao formulário assincronamente, tivemos que 20% deles desconheciam ou não informaram qualquer conhecimento sobre a interação luz-matéria. Para 16% do grupo se verificou associar a interação da luz com a matéria ligada à absorção e a emissão de energia, transição de elétrons e níveis de energia. Os demais 64% dos alunos associaram a questão a “reflexão”, “refração” e “transmissão” da luz ao atingir a matéria.

A quinta questão teve como objetivo apontar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o que eles entendem ser a luz e a esboçar através de um desenho:

> *“5)No seu entender, o que seria a luz? Faça um desenho que represente a composição da luz para você?”.*

Nesta questão tivemos que 60% dos alunos presenciais responderam não conhecerem nada sobre o que seria a luz, ou responderam em branco. Para 10% do grupo, a luz seria relacionada a calor e energia. Enquanto os demais 30% atribuiu a luz como sendo “algo que ilumina”.

Para os estudantes assíncronos, 32% deles apontaram não saber o que seria a luz, ou responderam em branco a questão. Tivemos 56% do grupo que responderam que a luz seria um tipo de “onda ou radiação eletromagnética”. Já os demais 12% associaram a luz a “ausência de escuridão” ou algo que “ilumina”. Nenhum dos grupos fez qualquer desenho para representar a sua concepção sobre o que seria a luz.

Na sexta questão, o objetivo foi verificar os conhecimentos iniciais dos aprendizes sobre os modelos atômicos:

“6)Você conhece algum modelo atômico? Se sim, qual?”.

Em relação aos alunos presenciais, 80% disseram não conhecer algum modelo atômico. Para apenas 20% do grupo, verificou-se terem o conhecimento de pelo menos um modelo, no caso, o “bola de bilhar” ou modelo de “Dalton”. Não tivemos nenhum outro tipo de resposta a questão.

Já para os alunos assíncronos, tivemos que 24% deles não souberam informar algum modelo atômico. Tivemos que 64% do grupo informou saber ao menos um modelo atômico, como “Bohr”, “Thompson”, “Dalton” e o de “Rutherford”, bem como os “apelidos” correspondentes, como “Pudim de passas ou ameixa” ou “Bola de bilhar”. Por fim, 12% dos alunos associaram a questão a descrever o que seria um modelo atômico, a constituição da matéria formada por “átomos” e informar que os “elétrons se movem ao redor do núcleo”.

Na sétima e última questão, teve como objetivo verificar se os estudantes sabiam expressar algum modelo atômico através de uma representação gráfica, um desenho:

“7) Faço um desenho do modelo atômico que você conhece”.

Entre os alunos presenciais, tivemos que 100% deles apontaram não saberem como representar por desenho o modelo atômico conhecido ou simplesmente desconheciam algum modelo.

Entre os alunos assíncronos, tivemos que 92% deles não fizeram uma representação por desenho do modelo conhecido, ou não conheciam modelo

atômico nenhum. Já 4% do grupo não desenharam, mais informaram o modelo conhecido como sendo o “bola de bilhar”. Por fim, os 4% restante a pesar de também não ter feio desenho, informou palavras associadas ao modelo de “Bohr”, tipo “Níveis de energia”, “órbitas estacionárias” e “quantização”.

6.1.5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PRÉ-TESTE 02 DOS ALUNOS DO NÚCLEO DE CIÊNCIAS DA UFES

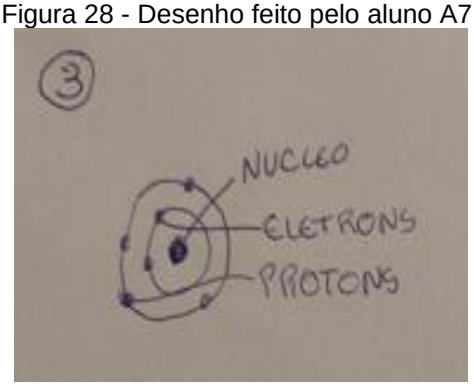
O segundo questionário, com abordando as questões ligadas às concepções prévios dos alunos sobre os conceitos de física moderna, tivemos a contribuição de 16 alunos do grupo participante do Núcleo de Altas Habilidades da UFES, sendo todas elas de modo presencial. Os recursos utilizados pelos alunos foram os computadores disponibilizados pelo projeto.

Das respostas dadas pelos alunos para a primeira questão do segundo formulário, obtivemos que 56% dos alunos responderam desconhecer totalmente sobre a constituição básica da matéria. Um grupo de 31% respondeu mais satisfatoriamente associando a questão ao “átomo”. Já 13% dos estudantes, fizeram relação ao “fóton” e a “tudo que tem na terra”.

Na segunda questão, 38% dos estudantes não souberam dizer o que seria um átomo. Um grupo de 38% fez relação com “composição da matéria”, “menor partícula” e “existência de um núcleo”. Os demais 24% dos alunos associaram a “partícula de carbono”, a “menor partícula que se pode provar” e a “química”.

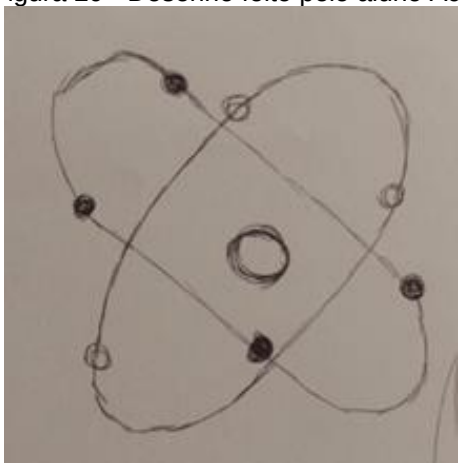
Tivemos, na terceira questão do questionário, que 44% do grupo de alunos não souberam dizer quais os elementos que compõem o átomo, e também não fizeram algum desenho associado ao modelo que defina sua estrutura, em sua concepção. Para 25% dos estudantes, os átomos são constituídos de “prótons”, “elétrons” e “nêutrons”, e fizeram algum tipo de representação da estrutura atômica, segundo seu entendimento. Já 31% dos alunos fizeram apenas os desenhos esquemáticos das suas concepções da estrutura do átomo. Abaixo são apresentados os desenhos feitos pelos alunos nesta questão:

Figura 28 - Desenho feito pelo aluno A7.



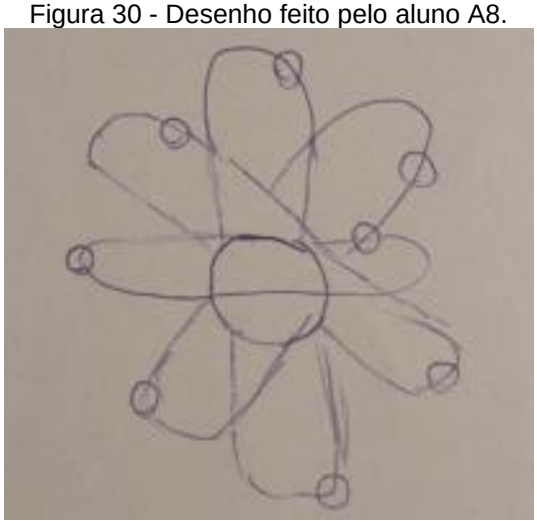
Fonte: Próprio autor.

Figura 29 - Desenho feito pelo aluno A9.



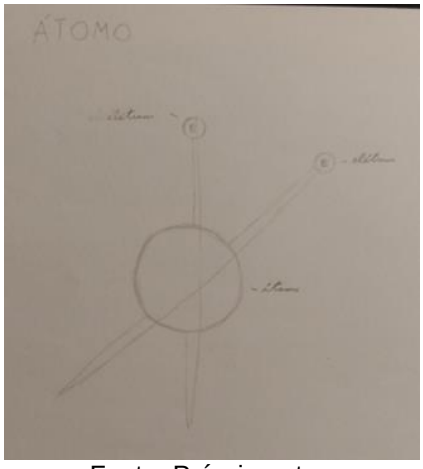
Fonte: Próprio autor.

Figura 30 - Desenho feito pelo aluno A8.



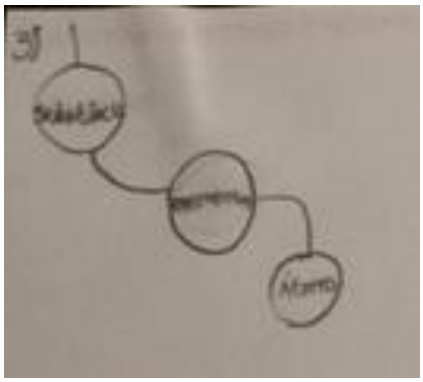
Fonte: Próprio autor.

Figura 31 - Desenho feito pelo aluno A6.



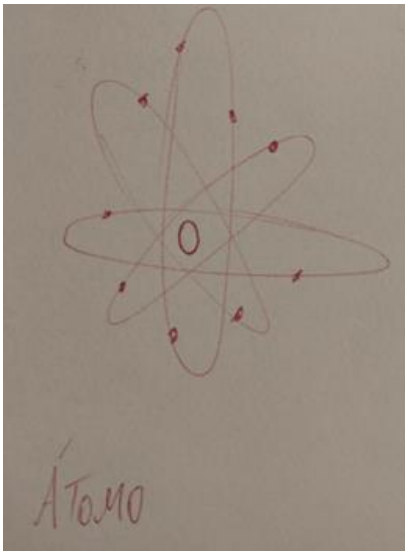
Fonte: Próprio autor.

Figura 32 - Desenho feito pelo aluno A4.



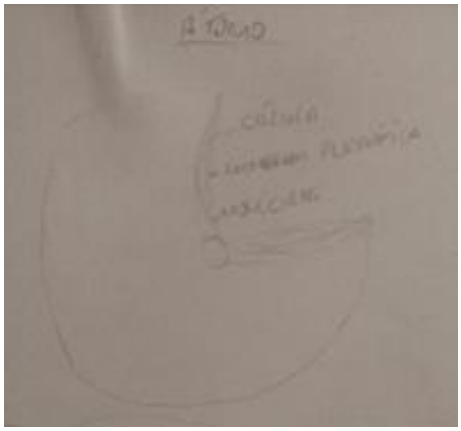
Fonte: Próprio autor.

Figura 33 - Desenho feito pelo aluno A2.



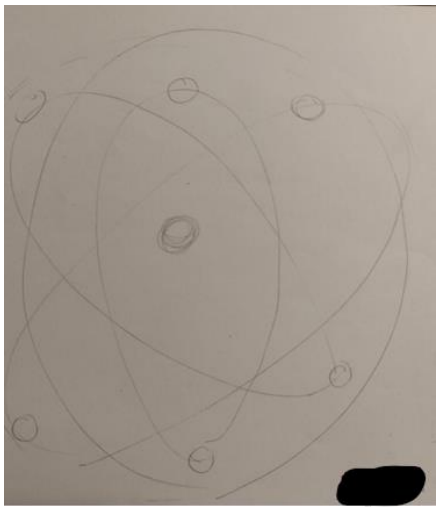
Fonte: Próprio autor.

Figura 34 - Desenho feito pelo aluno A3.



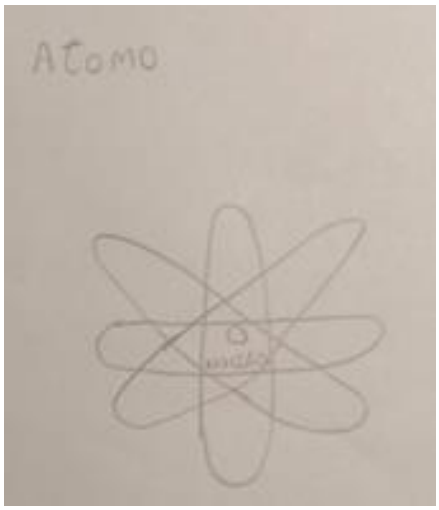
Fonte: Próprio autor.

Figura 35 - Desenho feito pelo aluno A1.



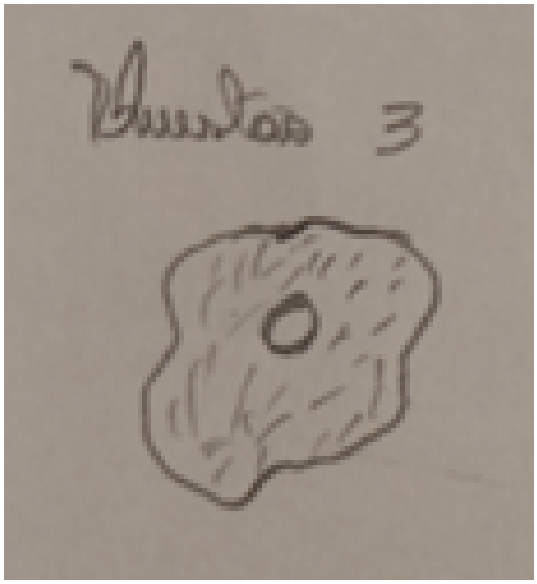
Fonte: Próprio autor.

Figura 36 - Desenho feito pelo aluno A5.



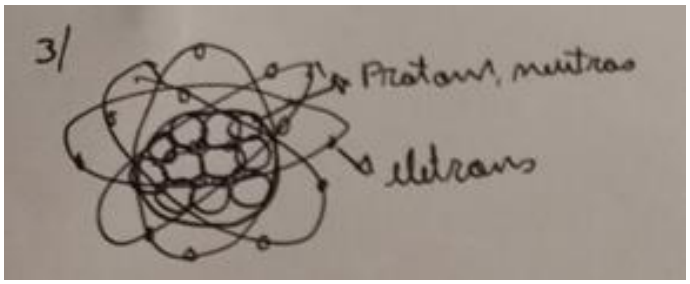
Fonte: Próprio autor.

Figura 37 - Desenho feito pelo aluno A11.



Fonte: Próprio autor.

Figura 38 - Desenho feito pelo aluno A13.

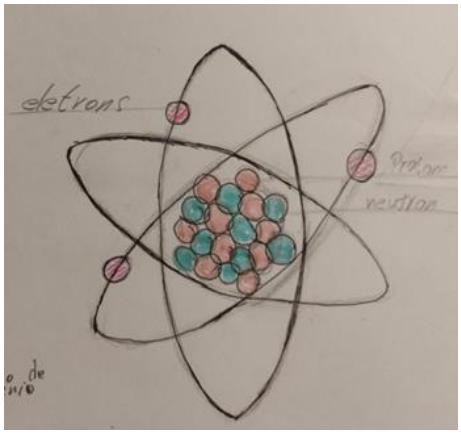


Fonte: Próprio autor.

Figura 39 - Desenho feito pelo aluno A15.

Fonte: Próprio autor.

Figura 40 - Desenho feito pelo aluno A12.

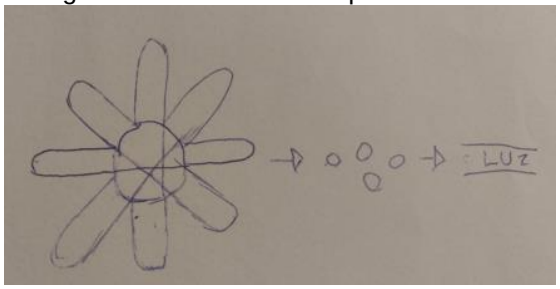


Fonte: Próprio autor.

Na quarta questão, 56% dos estudantes não souberam dizer nada sobre o que ocorre quando temos a interação entre luz e matéria. Já 6% do grupo fez uma ligação com “elétrons que começam a serem lançados para fora do átomo”. Já os demais 38% do grupo associaram a “iluminação” e “brilho” aumentado com a incidência da luz sobre a matéria.

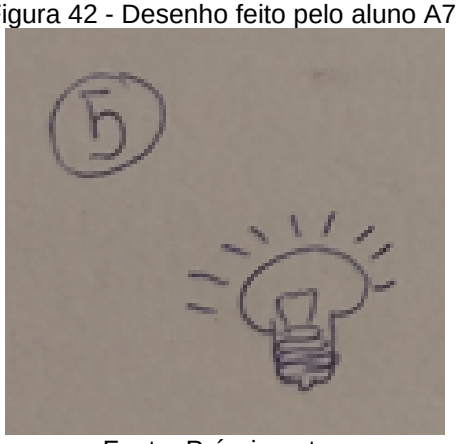
Obtivemos como respostas para a quinta questão do formulário, que 56% do grupo de estudantes responderam desconhecer sobre o que seria a luz, entretanto alguns deles fizeram algum tipo de representação (desenho) esboçando suas concepções a respeito da questão. Já para 6% dos pesquisados, a luz está associada a “onda/energia”, e foi feito um desenho representando suas concepções. Para os demais 38%, a luz associa-se a “claridade” e a “iluminar”, sendo que também neste grupo foram feitos desenhos representando o que seria a luz para estes alunos. Segue os desenhos realizados pelos estudantes nesta questão:

Figura 41 - Desenho feito pelo aluno A8.



Fonte: Próprio autor.

Figura 42 - Desenho feito pelo aluno A7.

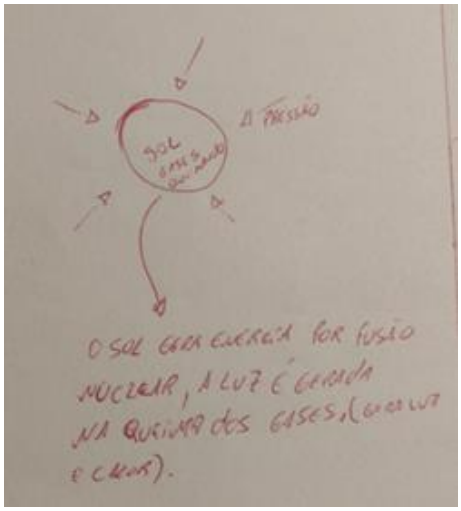


Fonte: Próprio autor.

Figura 43 - Desenho feito pelo aluno A9.

Fonte: Próprio autor.

Figura 44 - Desenho feito pelo aluno A2.

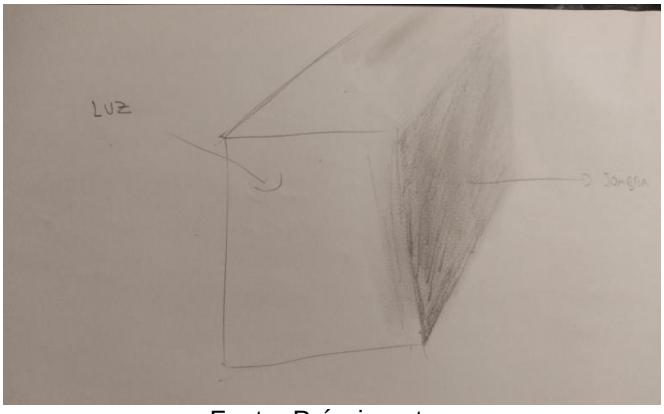


Fonte: Próprio autor.

Figura 45 - Desenho feito pelo aluno A3.

Fonte: Próprio autor.

Figura 46 - Desenho feito pelo aluno A1.

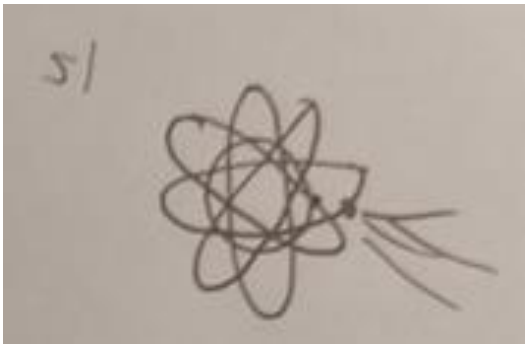


Fonte: Próprio autor.

Figura 47 - Desenho feito pelo aluno A5.

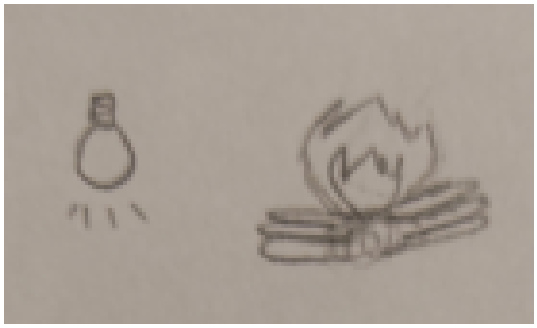
Fonte: Próprio autor.

Figura 48 - Desenho feito pelo aluno A13.



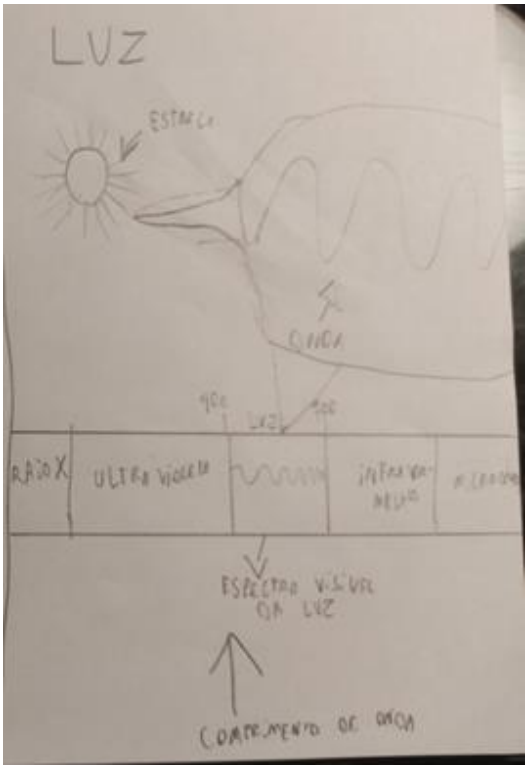
Fonte: Próprio autor.

Figura 49 - Desenho feito pelo aluno A14.



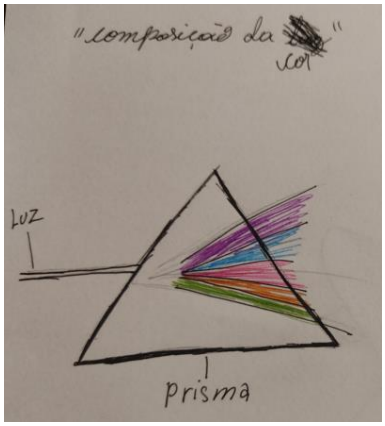
Fonte: Próprio autor.

Figura 50 - Desenho feito pelo aluno A16.



Fonte: Próprio autor.

Figura 51 - Desenho feito pelo aluno A12.

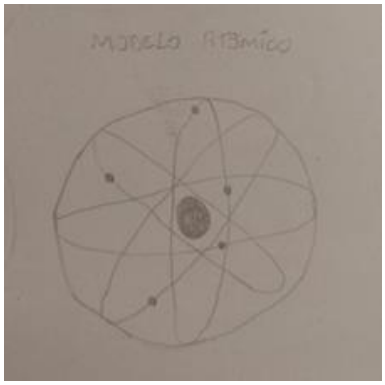


Fonte: Próprio autor.

Em relação ao conhecimento prévio dos alunos sobre os modelos atómicos que eles conhecem, perguntado na sexta questão, obtivemos que 75% do grupo não sabiam ou lembravam-se de algum modelo atômico. Apenas os 25% restante dos alunos apontaram um ou mais modelos conhecidos, como o modelo de “Bohr”, “Dalton”, “Thomson” e “Rutherford”.

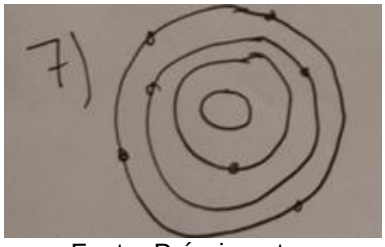
Na sétima questão do questionário, onde foi feito o levantamento dos conhecimentos iniciais dos alunos sobre a representação gráfica (desenho) de algum modelo atómico que eles conheciam. Obtivemos que 75% dos alunos informaram não saber responder a questão. Os demais 25% dos alunos fizeram algum desenho esquemático sobre sua concepção de modelo atômico. Seguem abaixo os desenhos que foram feitos pelos alunos que responderam essa questão, onde expressaram as suas concepções iniciais sobre modelos atômicos:

Figura 52 - Desenho feito pelo aluno A3.



Fonte: Próprio autor.

Figura 53 - Desenho feito pelo aluno A13.

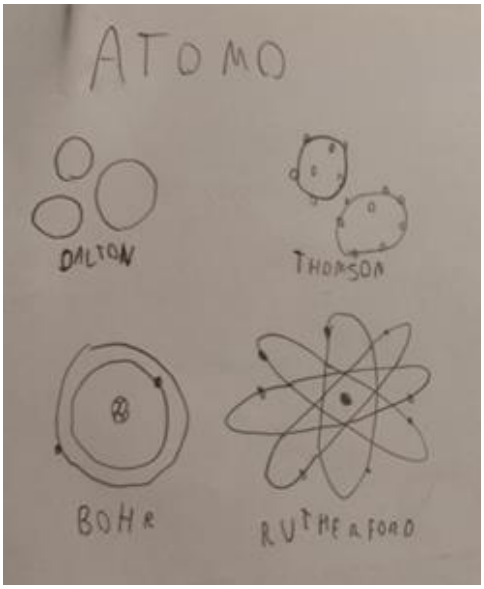


Fonte: Próprio autor.

Figura 54 - Desenho feito pelo aluno A5.

Fonte: Próprio autor.

Figura 55 - Desenho feito pelo aluno A16.



Fonte: Próprio autor.

6.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISE DO PÓS-TESTE

Nesta seção apresentaremos os resultados obtidos pelos alunos após a aplicação do questionário de pós-teste, que está disponível no APÊNDICE G, e também

faremos a análise desses resultados. O pós-teste teve como objetivo verificar evidências de aprendizagem significativa (Moreira, 2011, pág. 5), com a aquisição de novos conceitos após a aplicação da sequência desenvolvida.

Da mesma maneira que no pré-teste, está pesquisa contou com a participação de estudantes das 2ª e 3ª etapas do ensino de jovens e adultos - EJA da Escola Estadual de Ensino Médio Elza Lemos Andreatta e dos alunos do ensino médio que participam do projeto de extensão da UFES, no Núcleo de Altas Habilidades da SEDU. Nos tópicos seguintes, vamos apresentar, separadamente, os resultados dos dois grupos amostrais.

6.2.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PÓS-TESTE DOS ALUNOS DO EJA

O questionário de Pós-teste foi constituído de três questões, sendo duas fechadas de múltipla escolha, e uma questão aberta. Foram abordados nas questões aspectos relacionados a conceitos de física moderna e contemporânea, aplicadas em situações forenses, ou seja, a investigações criminais, abrangendo conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr, transições eletrônicas e níveis de energias. Na Escola Elza, tivemos a contribuição de 23 alunos para o formulário de pós-teste, sendo que destes apenas 08 foram respondidos em sala de aula de forma presencial, ondes foram utilizados os recursos computacionais disponíveis na escola, no caso os Cromebooks, e as demais 15 contribuições foram dos alunos que responderam de forma assíncrona.

Com o objetivo de se identificar indícios de aquisição de novos significados sobre os conceitos propostos neste trabalho, as questões do pós-teste e os respectivos resultados foram os seguintes:

Para a primeira questão, dos alunos que responderam presencialmente verificamos que 100% marcaram corretamente a assertiva correspondente a “Bohr”. Neste grupo, identificamos que houve uma compreensão de que “Niels Bohr” foi quem apresentou um modelo que corresponde ao fenômeno apresentado na questão.

Para o grupo que respondeu o formulário assincronamente, 73% informaram corretamente ser o modelo de “Bohr” a alternativa adequada para a questão. Já

para os demais 27% do grupo, obtivemos a opção por alternativas distintas da esperada como correta. Temos então que, de forma considerável, houve uma associação ao modelo proposto por “Bohr”, no contexto forense exposto, como sendo o modelo adequado para explicar o fenômeno físico apresentado.

Já na segunda questão, verificamos que entre os alunos que responderam presencialmente o formulário de pós-teste que apenas um grupo de 25% dos alunos conseguiram compreender a questão relacionada às transições eletrônicas, enquanto 75% dos alunos não souberam associar devidamente o processo de emissão de fótons na transição de camadas mais externas para mais internas no átomo.

Entre os alunos que responderam assincronamente as questões, verificamos que 40% fizeram a escolha pela assertiva correta e esperada. Já para os demais 60%, as alternativas escolhidas foram distintas da reposta esperada e considerada correta para a questão. Os resultados mostraram uma pequena diferença no numero de acertos dos estudantes assíncronos em relação aos presenciais para esta questão.

Para a terceira e última questão do pós-teste, onde explorou-se os conceitos trabalhados durante a SD num contexto forense onde, buscando vestígios de aquisição de conceitos sobre transições eletrônicas e níveis de energia, no processo de quimiluminescência, verificamos: que entre os alunos que responderam presencialmente esta questão, apenas 13% apontou uma expressão ligada diretamente ao conteúdo de física apresentado, como observamos na resposta abaixo:

Aluno	***Resposta dada para a questão 3***
A1A	*“absorssoção de subatomico”*

Já os demais 87% dos estudantes responderam a questão utilizando referencias ligadas a questão da investigação forense e a química, não apontando elementos novos associados aos conceitos de física estudados durante a sequência, como vemos abaixo:

Aluno	***Resposta dada para a questão 3***
A2A	*“o luminol reage com o ferro(presente no sangue) e gerou luz identificando que ali tinha sangue”*
A3A	*“e jogado um produto quimico "luminou". quando apagado a luz , e*

	jogado a luz roxa , que destaca o sangue com a coloração azulado".
A4A	*"só é consigo ser visto após apagrem as luzes"*
A5A	*"Com a luz como se fosse florecente para a visualizao melhor"*
A6A	*"Subatomico circula a area da pericia essa luz pega todo osvestigio do local do crime luminoso que reage com ferro presente na hemoglobina".*
A7A	*"È oque tem dentro do que està investigando para saber mais do que os olhos apenas estâo vendo por isso se prescisa do luminol que é uma substância que reage com o ferro que está presente na hemoglobina do sangue por issoeles consegue ver melhor os vestigios da cena do crime e saber o que realmente aconteceu"*
A8A	*"para que sejam visualizados os vestigios de sangue em uma cena de crime os peritos utilizam varias subtâncias químicas para que os níveis de subatomicose elevão par que com suas elevaçôes o sangue possa ser visível".*

Já entre os alunos que responderam assincronamente a questão, foi verificado que 33% deles não responderam a questão. Já um grupo de 13% dos estudantes responderam apontando alguns elementos de aquisição de conceitos de física apresentados na SD, tipo "se agitam" e "o elétrons libera energia ao se mover de um nível", como verificamos abaixo:

Aluno	***Resposta dada para a questão 3***
A12A	*"Quando as gotas da solução de luminol entram em contato com o ferro da hemoglobina do sangue, átomos de nitrogênio (N) e hidrogênio (H) escapam das moléculas do luminol. De outro lado, a solução paSsa a capturar átomos de oxigênio (O) do sangue . Os elétrons dos átomos de oxigênio se agitam pela saída do nitrogênio e do hidrogênio. A energia dessa movimentação dos elétrons é dissipada em forma de partículas luminosas. O resultado é uma luz azulada que identifica o local onde estão vestígios de sangue".*
A22A	*"O elétron libera energia ao se mover de um nível, as moléculas são quebradas e fica visível na luz ultravioleta".*

O restante dos 54% dos alunos responderam a questão utilizando explicações ligadas a reações químicas e de investigação forense, não apontando elementos de aquisição de conceitos de física que foram estudados, como vemos abaixo:

Aluno	***Resposta dada para a questão 3***
A10A	*"Os átomos vão chamar o mais próximo do núcleo e transmite mais luz,fazendo com que conseguimos ver os vestígios"*

A11A	*“Quando é borrifada nos locais suspeitos, reage em contato com o ferro presente na hemoglobina do sangue e é liberado uma luz azulada, suficientemente forte para ser vista no escuro”*
A13A	*“Reação química revela pistas ocultas na cena de um crime essa solução,quando borrifada nos locais suspeitosreage em contato o ferro presente na hemoglobina do sangue e libera uma luz azulada,suficientemente forte para ser vista no escuro”.*
A14A	*“Essa solução, quando borrifada nos locais suspeitos, reage em contato com o ferro presente na hemoglobina do sangue e libera uma luz azulada, suficientemente forte para ser vista no escuro. “É produzida quimicamente uma excitação em um elemento químico.No caso do luminol em contato com o ferro, esse elemento é o oxigênio”*
A15A	*“É proposto que, na reação do luminol (I) em meio alcalino, na presença de peróxido de hidrogênio (II) e de um metal de transição (Mn+), forma-se o composto 3-amino ftalato (III) que sofre uma relaxação dando origem ao produto final da reação (IV), com liberação de energia (hv) e de gás nitrogênio (N2)”.*
A19A	*“O luminol é um pó – formado por átomos de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio — que é diluído em água oxigenada. Essa solução, quando borrifada nos locais suspeitos, reage em contato com o ferro presente na hemoglobina do sangue e libera uma luz azulada, suficientemente forte para ser vista no escuro”*
A20A	*“através de pesquisa de laboratórios. Digitais, fios de cabelos e afins ...”*
A21A	*“Quanto mais próximo do núcleo estiver um elétron, mais energia ele pode emitir na forma de luz; quanto mais distante do núcleo estiver um elétron, menos energia ele pode emitir”.*

6.2.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO PÓS-TESTE DOS ALUNOS DO NÚCLEO DE CIÊNCIAS DA UFES

O mesmo questionário de Pós-teste aplicado para os alunos do colégio Elza Lemos Andreatta foi trabalhado com os alunos do núcleo de Altas Habilidades da UFES. Tivemos uma contribuição de 9 alunos para o formulário de pós-teste de forma presencial, onde foram utilizados os recursos computacionais disponíveis na UFES.

Para a primeira questão, tivemos que 78% dos alunos que responderam o formulário marcaram corretamente a assertiva correspondente a “Bohr”. Já o grupo correspondente a 22% marcaram assertivas distintas da esperada e considerada correta. Neste grupo amostral, identificamos também que houve uma ótima compreensão de que “Niels Bohr” foi quem apresentou um modelo atômico que explica o fenômeno apresentado na questão.

Na segunda questão do pós-teste, verificamos que apenas um grupo de 33% dos alunos obtiveram êxito e conseguiram marcar a assertiva esperada e considerada correta para a questão relacionada às transições eletrônicas. Já os demais 67% dos alunos não fizeram devidamente a associação da questão ao processo de emissão de fótons na transição de camadas mais externas para mais internas no átomo.

Já para a terceira e última questão do pós-teste, que foi aberta, explorou-se os conceitos trabalhados durante a SD, num contexto forense, no processo de quimiluminescência, buscando vestígios de aquisição de conceitos sobre transições eletrônicas e níveis de energia. Um grupo de 56% dos alunos apresentaram respostas em que foram utilizadas expressões que demonstram terem ancorado conceitos no seu cognitivo, como podemos verificar nas repostas abaixo:

Aluno	***Resposta dada para a questão 3***
A4	*"o átomo recebe a luz salta pra outro nível de camada e volta a sua camada de origem e assim libera a luz da quantidade de energia recebida"*
A1	*"simples mente ele pula e libera a energia fazendo ele voltar ao normal"*
A7	*"os atomos se exitam com determinada luz e ficam viseis conforme a luz bate"*
A14	*"a substancia tem uma reação quimica que produz energia pro eletron pular depois ao retornar para a camda mais interna ele emite luz visível"*
A15	*"o elétron ou receber uma energia ele sobe de nível de camada saindo perto do núcleo e estará instável e para o elétrons estabelecer se estável precisa jogar aquele nível de energia para fora isso emitindo uma luminosidade".*

Um grupo de 22% dos alunos apontaram, de forma parcial, com uso de algumas palavras como: "excitados" e "receberam luz e devolveram", como podemos verificar nas respostas abaixo:

Aluno	***Resposta dada para a questão 3***
A8	*"É aplicado o evento da fluorescência onde você aplicar a luz negra utilizando a água oxigenada que deixa os elétrons excitados deixando eles visíveis".*
A3	*"Quando e emitido uma química ou luz negra os elétrons na qual se localizam no sangue receberam a luz e devolveram mas demonstrando uma luz na qual conseguimos ver".*

Já o restante 22% dos alunos apenas escreveram apontando questões ligadas a investigação forense, sem apresentar termos ligados aos conceitos físicos estudados, como se pode verificar nas respostas abaixo:

Aluno	Resposta dada para a questão 3
A14	*"A luz é tão forte que consegue capitar aquilo, pois ela foi feita para ser utilizada desse modo. O que acontece é que quando a luz é lançada consegue identificar as marcas dos resido mesmo que já estiverem limpos"*
A15	*"QUANDO A LUZ É LANÇADA DA PRA VER OS VESTÍGIOS LANÇADOS".*

6.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Após o término da sequência, propomos aos estudantes fazerem a avaliação do trabalho desenvolvido, respondendo um questionário de Avaliação, apresentado no APÊNDICE H, composto de cinco questões abertas. Tal avaliação teve como objetivo levantar entre os educandos a relevância do trabalho desenvolvido, sobre tudo com o uso de uma interfase de contextualização com as ciências forenses no ensino de física moderna e contemporânea.

6.3.1 DOS ALUNOS DO EJA

Obtivemos na Escola Elza Lemos Andreatta um total de 22 contribuições dos alunos que participaram do trabalho, sendo que destes, 8 alunos responderam em sala de aula de forma presencial as questões, utilizando os recursos tecnológicos disponibilizados pela escola, no caso, Cromebooks. Os demais, 14 alunos, responderam a avaliação da SD de outras localidades assincronamente.

Abaixo serão apresentadas as questões da Avaliação e os respectivos resultados apontados pelos alunos.

1) ***Em sua opinião, a utilização das ciências forenses durante as aulas contribuiu na compreensão e aprendizado dos conceitos de física moderna e contemporânea abordados? Por quê?***

Entre os alunos do EJA da Escola Elza Lemos Andreatta que responderam a avaliação presencialmente, obtivemos que 100% deles apontou que o uso das ciências forenses no desenvolvimento das aulas foi um fator de contribuição para

a compreensão dos conceitos estudados, como vemos na amostra das respostas entregues:

R1 – "sim, porque abriu meu horizontes do aprendizado".

R2 – "a utilização das ciências modernas, como o conhecimento sobre forenses, foi bem abordada porque agora pude compreender e entender sobre forenses".

R3 – "contribuiu e muito por que eu gosto de assistir séries que falam sobre Ciência forenses só que foi muito bom saber mais sobre foi muito interessante por que assim aprendi muito mais muito bom gostei muito".

Para os alunos que responderam a Avaliação da SD assincronamente, foi verificado que um grupo de 72% apontou que o uso das ciências forenses contribuiu no processo de aprendizagem. Já para 7% não houve contribuição nenhuma. Enquanto um grupo de 21% não responderam a questão. Seguem abaixo algumas das respostas dadas pelos alunos deste grupo nesta questão:

R4 – "Sim, porque a ciência forense aborda o tema de aplicação da ciência às leis criminais e civis, abordando a física moderna e contemporânea".

R5 – "sim, porque você consegue entender muito sobre os átomos, elétrons e elementos".
R6 – "Sim, pois é um assunto que tah presente em séries no qual a maiorias das pessoas já assistiu, e facilitou no aprendizado por ser algo meio moderno".

2) ***Das atividades desenvolvidas na Sequência Didática, qual você mais gostou? Qual você gostou menos? Por quê?***

Para o grupo de estudantes presenciais, tivemos que 100% das respostas apontaram não terem existido um assunto específico que eles não tenham gostado, mas sim que a parte de perícia foi muito bem aceita pelos alunos, como podemos observar nas respostas apresentadas abaixo:

R7 – "para falar a verdade eu gostei de toda a aula, pois me ajudou a ter o conhecimento de muitas coisas sobre físicas".

R8 – "eu gostei muito de estudar sobre Ciência Forense e assumo não gostei muito sobre Neutros atômico mais gostei de aprender sobre".

R9 – "as atividades desenvolvidas e muito difícil eu dizer qual eu não gostei, pois para mim quanto mas eu poder conhecer melhor será para mim".

Entre os alunos que responderam assincronamente esta questão, obtivemos que 29% não gostaram ou não acharam interessantes as atividades desenvolvidas. Um grupo de 35% apontou como a parte de ciências forenses/perícia como sendo o que mais gostaram. Já para 36% desse grupo, informou ter gostado de toda a sequência realizada neste trabalho. Abaixo, algumas respostas deste grupo de alunos:

> *R10 –"Eu gostei de todas! foram bem explicadas eu consegui ter um desempenho melhor com as aulas, e com ajuda dos professores tive um bom aprendizado".*
>
> *R11 –"sobre ciência forense, porque deu pra aprender como funciona a perícia".*
>
> *R12 –"Todas, Não teve, são interessantes e bem planejadas com conceito de ensino modernizado".*

3) Você acha que os conteúdos ministrados durante as aulas foram importantes para a sua formação? Por quê?

Para a terceira questão da avaliação da SD, obtivemos que 13% entre os alunos presenciais não achou importante o conteúdo lecionado durante as aulas, justificando não trabalhar com nada que utilize química. Já outros 13% do grupo, informaram que o conteúdo ajudou um pouco, mas que não compreendeu bem a matéria, mais reconhece a importância do conhecimento ministrado. Para os 74% dos estudantes do grupo, informaram que o conteúdo aplicado foi importante para eles, como observamos nas respostas apresentadas abaixo:

> *R13 – "sim, aprendizado para a vida".*
>
> *R14 – "Sim, porque eu aprender bastante e conheci melhor o trabalho e como se faz gostei muito".*
>
> *R15 – "sim todos os conteúdos aprendidos nas aulas foram muitos importantes para os meus conhecimentos e crescimento nos estudos".*

Os alunos assíncronos responderam a questão da seguinte forma: Para 7% não foi importante o conteúdo aplicado durante as aulas, enquanto que os demais 93% informaram que o conteúdo desenvolvido foi importante para eles. Abaixo, algumas respostas dadas pelos estudantes:

> *R16 –"Sim muito, pq cada dia estou aprendendo mais".*

R17 –“Sim, me agregaram bastante”.

R18 –“Sim. Porque abriu mais meu entendimento”.

4) ***Quais dificuldades você encontrou ao longo das aulas da Sequência Didática?***

Os alunos presenciais responderam a questão apresentando que: 25% deles não tiveram nenhuma ou muito pouca dificuldade; 25% encontraram dificuldades para aprender; 25% tiveram dificuldades em prestar atenção e com os termos usados; já os demais 25% do grupo informou terem tido dificuldades com os modelos atômicos, como vemos nas respostas abaixo:

R19 – “no inicio tive dificuldade no meu aprendizado mais agora aprendi muitas coisas”.

R20 – “A atenção mais depois fique mais atento e aprendi e conheci um pouco desse trabalho”.

R21 – “de falar sobre os modelos atômicos aprendi bastante e hoje acho que posso explicar não tão bem quanto professor consigo”.

Entre os alunos assíncronos, tivemos que 43% deles descreveram não terem tido nenhuma dificuldade nas atividades. Outros 22% encontraram muitas dificuldades, acharam difícil ou não conseguiram compreender o conteúdo. Já para 35% dos alunos, disseram terem tido poucas dificuldades. Seguem alguns das respostas dos alunos:

R22 – “Não consegui compreender algumas questões”.

R23 – “No começo eu fiquei confusa e perdida, mas no decorrer das aulas eu fui entendendo melhor”.

R24 – “A ansiedade, mas de resto foi tranquilo”.

5) ***Em sua opinião, o que poderia ter melhorado ao longo das aulas? Deixe aqui alguma sugestão ou comentário sobre as aulas e atividades desenvolvidas nesta Sequência Didática.***

Em relação à quinta pergunta, para 63% dos alunos presenciais as aulas foram boas e não foram apontadas mudanças a serem feitas. Já para os demais 37%, informaram que poderiam ter mais vídeos, falar mais sobre a perícia e houve um

apontamento em relação estrutura (falta de fone de ouvido para assistir os vídeos). Seguem alguns comentários dos alunos:

R25 – "estava tudo bom".

R26 – "Por mim sinceramente não tem que melhorar em nada para mim estar perfeito aprendi muitas coisas que eu até gosto. Muito Obrigada Professor".

R27 – "Mais sobre a area da pericia, sobre crimes com muitos vestigio para sabe mais".

Já os estudantes assíncronos avaliaram a SD da seguinte forma: Para 29% deles, as dificuldades se deram no fato de terem feito a SD remotamente; Já para 7% do grupo não deram opinião sobre a sequência; Um grupo de 36% dos alunos informaram não haver nada para ser melhorado e gostaram das atividades propostas; Para os demais 28% do grupo sugeriram mais aulas de física, textos menores e mais explicação das atividades por parte do professor. Apresentamos abaixo algumas respostas dos alunos:

R28 – "A questão de está podendo está tirando dúvidas na hora que está respondendo às porque há dúvidas e não podem ser esclarecidas na hora".

R29 – "Tive um ótimo aprendizado e entendimento sobre a matéria, foi muito interessante. Acredito que não precise de melhorias".

R30 – "explicação dos professores, n apenas vídeos do YouTube e sim professores explicando".

6.3.2 DOS ALUNOS DO PROJETO DA UFES

Em relação ao Projeto da UFES, com alunos de altas habilidades, tivemos um total de 9 contribuições avaliando a SD aplicada para o grupo. Apresentaremos abaixo as respectivas avaliações feitas por estes alunos para cada uma das questões.

Para a primeira pergunta da avaliação, tivemos que 11% dos estudantes não responderam a questão. Os demais 89% do grupo disseram que a utilização das ciências forenses contribuíram para o aprendizado dos conceitos de física. Seguem alguns relatos dos alunos sobre essa pergunta:

R31 – “Sim, Devido a sabemos que existem diversas frequências de luz que podem emitir mais fótons deixando os elétrons excitados permitindo serem vistos ou modelos atômicos que nos ajudam ainda mais a entende os elétrons”.

R32 – “sim, aprendi mais sobre as diferentes reações dos átomos conforme a luz que bate nele”.

R33 – “sim, e muito importante o conhecimento que a ciências forenses teve na aula para a compreensão dos conceitos da física moderna que ajuda a compreender o mundo melhor também evoluir a própria ciência passando o conhecimento a diante”.

Em relação a segunda pergunta da avaliação, obtivemos que 67% dos estudantes relataram que, no geral, gostaram do que foi apresentado. Para os demais 33%, apontaram alguma aula ou conteúdo que gostaram mias ou menos no desenvolvimento da sequência. Seguem alguns relatos dos alunos para essa pergunta:

R34 – “a que eu mais gostei foi de entender com funciona a liberação de de luz de átomo, e não teve nenhuma que eu não gostei, tudo se encaixou no final com os vídeos e as atividades”.

R35 – “em minha opinião não classificaria as atividades em qual eu gostei e qual eu desgostei mas sim na sabedoria que esses estudos me passaram, que foram ótimos e bem elaboradas de fato eu gostei”.

R36 – “A que eu mas gostei foi a explicação da luz negra pois achei legal a experiencia de ver coisas que não vimos, e a que eu menos gostei foi a que explicava sobre átomos pois teve só explicação e desenhos”.

Para a terceira pergunta da avalição, obtivemos que 11% não quiseram relatar na a respeito da pergunta. Já 89% dos estudantes disseram que os conteúdos aprendidos são importantes para a formação deles. Alguns relatos serão apresentados abaixo:

R37 – “Sim, Porque caso alguém começa a fala sobre esse conteúdo eu já terei uma noção mais ampliada ou caso eu faça um curso relacionado a ciência forense ou uma faculdade terei vantagem no aprendizado”.

R38 – “eu achei muito interessante porque nunca tinha ouvido falar com tudo funcionava, mas agora eu me interessei no assunto e acho que pode me ajudar no futuro”.

R39 – “sim bastante, foram um grande reforço de coisas que eu aprendo tanto na escola tanto virtualmente”.

A quarta pergunta da avalição da SD, obtivemos que para 11% dos estudantes do grupo nenhuma dificuldade foi apontada. Outros 11% dos alunos não responderam sobre a questão. Já para 22% dos alunos, as dificuldades estiveram relacionadas aos ruídos próximos que tiram um pouco de atenção. Os demais 56% relataram dificuldades com os conceitos de luz e fluorescência e como se dá a interação luz-matéria. Seguem abaixo alguns relatos:

> *R40 – "Senti um pouco de dificuldade na aula 6 no vídeo como funciona a lâmpada fluorescente mas eu revisei o vídeo umas três vezes depois conseguir entende a ideia da lâmpada fluorescente".*
>
> *R41 – "em entender o porque que os átomos reagem de forma diferente".*
>
> *R42 – "Encontrei dificuldade no inicio pois não sabia sobre o assunto mas depois fui descobrindo mais pelos vídeos e textos".*

Sobre a última e quinta pergunta, 67% dos alunos informaram não haver nada a ser mudado, ressaltando que foram ótimas as aulas. Já os demais 33% deles, relataram como sugestão que mais experiências pudessem ser feitas, entrega de fones para assistirem os vídeos e que tivessem mais aulas. Abaixo, seguem alguns relatos dos estudantes:

> *R43 – "Bom não tenho nada a reclama, mas poderia fazer os eventos ou experiências na sala do projeto de robótica para conseguimos ver no exato momento e ter uma noção melhor mas é claro isso não é necessário mas deixaria as pessoas um pouco mais ligadas no assunto".*
>
> *R44 – "eu acho que só a parte de ouvir os vídeos, se fosse possível tem fone para podermos escutar melhor e entender".*
>
> *R45 – "nada professor muito bom".*

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa nasceu de uma profunda inquietação que me acompanhava, sempre que me deparava em discussões relacionadas a fatores motivadores para os alunos no que tange ao aumento do interesse por aprender física. Neste contexto, as ciências forenses se colocam como uma poderosa ferramenta, repleta de elementos e repertórios de contextualização, para que os professores de física, e também de outros ramos das ciências, possam fazer uso pedagógico em sala de aula com seus alunos. Desta forma, sugerimos neste trabalho a utilização das ciências forenses como ferramenta no ensino de física, na perspectiva de que a temática é fonte de grande interesse entre os jovens e adultos, tendo em vista sua grande capacidade de contextualização com os conteúdos escolares de ciências (CUNHA; GIORDAN, 2009).

Buscou-se neste trabalho desenvolver, aplicar e avaliar uma sequência didática, voltada para os estudantes do ensino médio, baseada e estruturada nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1968, 1978 e 1980), na perspectiva de Moreira (2011), valendo-se para isso de uma UEPS. Foram abordados alguns conceitos de física moderna, utilizando-se como plano de fundo de contextualização um enfoque ligado às ciências forenses, com alusão direta a investigação de crimes com a aplicação de conceitos científicos ministrados durante as aulas.

Com base nos resultados dos pré-testes, analisamos que, primeiramente, em relação às ciências forenses, os alunos que realizaram as atividades presencialmente tinham algum conhecimento sobre perícia e acompanhavam as atividades de investigação criminal por seriados. Entretanto, a maioria do grupo desconheciam a atuação dos peritos e a utilização de equipamentos para fins periciais. Já para os alunos assíncronos, obtivemos algumas respostas carregadas com maior assertividade sobre o assunto, o que poderia supor algum tipo de pesquisa durante a realização do teste.

Já o resultado do segundo pré-teste, que buscou levantar as concepções iniciais dos estudantes sobre conceitos de física moderna, demonstrou que entre os alunos presenciais obtivemos que, no geral, eles possuem poucos conhecimentos

sobre a constituição da matéria, modelos atômicos existentes e sobre a interação luz-matéria. Entre os alunos assíncronos, houve um pouco mais de apontamentos assertivos sobre tais conceitos.

Ao realizamos a análise dos resultados das concepções iniciais dos estudantes sobre as ciências forenses e sobre os conceitos de física propostos para esse trabalho, obtidos através dos pré-testes aplicados, e confrontamos com os resultados apresentados ao final da sequência através do pós-teste, foi possível verificarmos indícios de aquisição, por parte dos alunos, de novos conceitos. A pesar de não ser possível afirmarmos que todos os estudantes assimilaram o conteúdo de forma ideal, o resultado do trabalho no mostrou que parte dos que participaram da pesquisa compreenderam melhor os conceitos abordados, ligando-os com o seu cotidiano.

Em nossa análise, a abordagem proposta de trazer a temática forense, com a devida adaptação à sala de aula e articulada com as ferramentas tecnológicas disponíveis e acessíveis aos estudantes, nos mostrou ser de grande capacidade de inserção dos alunos do ensino médio em discussões sobre temas científicos, como a aplicação da física moderna e contemporânea numa investigação criminal. Ao observamos tal questão, já nos parece um excelente resultado, tendo em vista inserimos os alunos em um ambiente de discussões sobre ciência (SOUZA, 2019).

Em função da situação vivida durante o desenvolvimento e aplicação da pesquisa da pandemia de Covid-19, inúmeras dificuldades se apresentaram para se conseguir alcançar a atenção e o comprometimento dos alunos em participar das atividades. Entretanto, apesar do ambiente desafiador que encontramos, foi possível conseguir fazer com que os estudantes, utilizando-se dos recursos midiáticos disponíveis, pudessem estabelecer uma relação entre as Ciências Forenses, com ênfase aqui neste trabalho na Física Forense, e o conteúdo formal de física.

Diante do que desenvolvemos durante todo o processo de pesquisa, podemos concluir que a forma de sistematização com que a UEPS é concebida, tendo sido mediada pelo uso de tecnologias digitais, como o simulador computacional Phet

Colorado e o emprego de vídeos encontrados em plataforma da internet, e pela utilização das ciências forenses, mostrou-se uma ferramenta valiosa para o ensino de Ciências. Isto se dá pelo fato de se aliar a interdisciplinaridade entre os conteúdos à curiosidade despertada nos estudantes depois que assistem reportagens, seriados ou filmes televisivos sobre investigação criminal, o que tornou o aprendizado mais significativo (POLETTO, 2017).

Por fim, ressaltamos que a capacitação e o aperfeiçoamento promovido através do Mestrado Profissional para os professores de física, se faz importantíssimo para que a prática pedagógica possa ser modernizada e implementada em sala de aula, contribuindo assim para um processo de ensino-aprendizagem mais eficiente e significativo para todos os envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. **O DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES PRÁTICAS NA ESCOLA:** UM DESAFIO PARA OS PROFESSORES DE CIÊNCIAS. Ciência & Educação (Bauru), vol. 17, núm. 4, 2011, pp. 835-854 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho São Paulo, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2510/251021295005.pdf>. Acessado em: 04 de Fev. de 2022.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. Disponível em: <https://ia802902.us.archive.org/8/items/bardin-laurence-analise-de-conteudo/bardin-laurence-analise-de-conteudo.pdf>. Acessado em: 05 de Jan. de 2022.

BARROS, F. et. al. **CIÊNCIAS FORENSES**: princípios éticos e vieses. Revista Bioética, vol.29 no.1 Brasília Jan./Mar. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bioet/a/GYNrWJgbtfwQskD5TR7dCGN/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Ensino Médio. Brasília: MEC-SEMTEC, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acessado em 13 de Fev. de 2022.

CARVALHO, A. M. P. D. C.; PEREZ, D. G. **Ensinar a ensinar:** didática para a escola fundamental e média. In: AMÉLIA DOMINGUES DE CASTRO, A. M. P. D. C. O saber e o saber fazer dos professores. São Paulo: Pioneira, 2001. p. 107-124. Disponível em: <http://marlydidatica.blogspot.com/2010/03/texto-4o-saber-e-o-saber-fazer-dos.html> Acesso em: 07 de Jun. de 2020.

COSTA, Luciano G.; BARROS, Marcelo A. **O ENSINO DA FÍSICA NO BRASIL:** PROBLEMAS E DESAFIOS. In. XII Congresso Nacional de Educação, 2015, PUC-Parana. Disponível em: <https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347.pdf> Acessado em: 05 de Jun. de 2020.

CROSS, R. **FATAL FALLS FROM A HEIGHT**: Two Case Studies. Journal of Forensic Sciences, January 2006, Vol. 51, No. 1. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1556-4029.2005.00026.x>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

CROSS, R. **FORENSIC PHYSICS 101**: Falls from a height. American Journal of Physics 76, 833 (2008). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1119/1.2919736>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

CUNHA, M. B. e GIORDAN, M. **A IMAGEM DA CIÊNCIA NO CINEMA**. Química Nova na Escola, v. 31, n. 1, p. 9, 2009. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc31_1/03-QS-1508.pdf>. Acessado em: 15 de Fev. de 2022.

DIAS FILHO, C.R.; ANTEDOMENICO, E. **A PERÍCIA CRIMINAL E A INTERDISCIPLINARIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS.** Química Nova na Escola, v. 32, n.2, p.67-72. 2010. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_2/02-QS-6309.pdf>. Acessado em: 02 de Dez. de 2018.

DIOGO, R.C.; GOBARA, S.T. **SOCIEDADE, EDUCAÇÃO E ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL**: do Brasil Colônia ao fim da Era Vargas. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2007, São Luis. Anais... São Luis: Sociedade Brasileira de Física, 2007.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **FÍSICA QUÂNTICA**: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. 17ª Tiragem. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, 1979.

FACHONE, P.; Velho, L. **CIÊNCIA FORENSE**: interseção justiça, ciência e tecnologia Tecnologia e Sociedade, vol. 3, núm. 4, enero-junio, 2007, pp. 139-161 Universidade Tecnológica Federal do Paraná Curitiba, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4966/496650323008.pdf>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. **ASTRONOMIA E ASTROFÍSICA**. Departamento de Astronomia - Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

FILHO, K.S.O; SARAIVA, M. F. O.; **ESPECTROSCOPIA**. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acessado em: 29 de Jul. de 2020.

GELLER, Regina; LOCATELLI, Aline. **CONTEXTUALIZANDO UMA UEPS POR MEIO DA QUÍMICA FORENSE**. Anais da III Mostra Gaúcha de Produtos Educacionais, V.1, 2018. Disponível em: <https://www.upf.br/_uploads/Conteudo/mostra-gaucha-produtos-educacionais/resumos2018/CONTEXTUALIZANDO%20UMA%20UEPS%20POR%20MEIO%20DA%20QU%c3%8dMICA%20FORENSE.pdf> Acessado em: 18 de Jun. de 2020.

GURGEL, W. P. et al. **CÁLCULO DE VELOCIDADES EM ACIDENTES DE TRÂNSITO**: Um software para investigação em física forense. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4305, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4njbdVfWTZxNHZwRJYh5mwv/?lang=pt>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/n0nxx8>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

LIMA, A. F. **PROPOSTA DE UMA UEPS PARA ENSINAR O EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO MÉDIO**. 2018. 105f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade de Brasília. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/33272>. Acessado em: 17 de Jun. de 2020.

LONDERO, L. **O MODELO ATÔMICO DE BOHR E AS ABORDAGENS PARA SEU ENSINO NA ESCOLA MÉDIA**. GÓNDOLA, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, ISSN: 2346-4712 Volumen 9, número 1, enero-junio de 2014, p. 13-37. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7531136.pdf. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

LOPES, B. E. R. & GOMES, B. M. (2018). **DOS FILÓSOFOS GREGOS À BOHR**: UMA REVISÃO HISTÓRICA SOBRE A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICO. Revista Ifes Ciência , 4(2), 122-139. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/349/311>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

LOPES, C. V. M. **MODELOS ATÔMICOS NO INÍCIO DO SÉCULO XX:** da física clássica à introdução da teoria quântica. São Paulo: PUC 2009. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78156/000822 650.pdf? sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

LUCENA, A. R. L. **A FÍSICA FORENSE EM SALA DE AULA**: Investigação de Acidentes de Trânsito no Município de Patos – PB/2015.

MARTINS, M. J. R. et. al. **Método de cálculo de velocidade de motocicleta com base na distância de projeção do motociclista.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, e20200219, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/9MG7RHHWGQqyXSXSZNfxtBd/?lang=pt>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

MONTEIRO, R. D. S. **A PERÍCIA FORENSE COMO FERRAMENTA NO ENSINO DE FÍSICA,** 2016. Disponível em: <http://www2.ls.edu.br/actacs/index.php/ACTA/article/view/156>. Acessado em: 01 de Jun. de 2020.

MOREIRA, M. A.; VALADARES, J. A.; CABALLERO, C.; TEODORO, V.D. **TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**. Contributos do III Encontro Internacional sobre aprendizagem significativa. Peniche, 2000. Disponível em:<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acessado em: 07 de Jun. de 2020.

MOREIRA, M.A. **APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, ORGANIZADORES PRÉVIOS, MAPAS CONCEITUAIS, DIAGRAMAS V e UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS**. Material de apoio para o curso Aprendizagem Significativa no Ensino Superior: Teorias e Estratégias Facilitadoras. PUCPR, 2012, 2013. Disponível em: <http://www.profjudes.unir.br/uploads/44444444/arquivos/TAS_1518397339.pdf>. Acessado em: 17 de Jun. de 2020.

MOREIRA, M.A. **ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL**: Retrospectiva e Perspectivas. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22 n.1, mar. 2000. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/116896>. Acessado em: 06 de Jun. de 2020.

MOREIRA, M.A. **O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais,

Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, abr. 2010. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>. Acessado em: 05 de Jun. de 2020.

MOREIRA, M.A. **ORGANIZADORES PRÉVIOS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**. Revista Chilena de Educación Científica, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008, pp. 23-30. Revisado em 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESport.pdf>. Acessado em: 07 de Jun. de 2020.

MOREIRA, M.A. **PESQUISA EM ENSINO: ASPECTOS METODOLÓGICOS.** São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 1990. Porto Alegre, Instituto de Física da UFRGS, Monografias do Grupo de Ensino, Série Enfoques Metodológicos, N° 01. Revisado em 1999 e usado, em espanhol, como Texto de Apoio N° 1 do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos, Espanha, em convênio com a UFRGS. Em português, é o Texto de Apoio Nº 19 desse Programa. 2003. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/pesquisaemensino.pdf>. Acessado em: 17 de Jun. de 2020.

MOREIRA, M.A. **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista. v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/?go=artigos&id Edicao=2>. Acessado em: 19 de Jun. de 2020.

NETO, O. N. **Soluções Eletrônicas para Cálculos de Velocidade em Acidentes de Trânsito**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 2, Junho, 2002. Pág. 124-128. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/VkX7HF8dGs3VQj6N5FDWS8H/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 03 de Dez. de 2018.

NUSSENZVEIG, H. M. **CURSO DE FÍSICA BÁSICA**: Ótica, Relatividade e Física Quântica. 1ª Edição. São Paulo-SP: Editora Edgard Blucher LTDA, 1998.

OLIVEIRA F. F.; VIANNA D. M.; GERBASSI R. S. **FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**: o que dizem os professores. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/061108.pdf>. Acessado em: 17 de Jun. de 2020.

OLIVEIRA, O. A.; FERNANDES, J. D. **ARQUITETURA ATÔMICA E MOLECULAR**: Evolução dos modelos atômicos de Leucipo a Rutherford. Natal (RN), EDUFRN – Editora da UFRN, 2006. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/denilsonmaia/evolucao-dos-modelos-atomicos>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

OSTERMANN, F. **TÓPICOS DE FÍSICA CONTEMPORÂNEA EM ESCOLAS DE NÍVEL MÉDIO E NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/149956>. Acessado em: 06 de Jun. de 2020.

PEDRISA, C. M. **CARACTERÍSTICAS HISTÓRICAS DO ENSINO DE CIÊNCIAS**. Ciência & Ensino, Campinas, n. 11, p. 9-12, 2001. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/cef/article/view/9161/4600>. Acessado em: 04 de Fev. 2022.

PIMENTEL, J. R. et al. **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. Disponível em: <https://www.periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/2175-7941.2014v31n2p365/27322>. Acessado em: 05 de Ago. de 2020.

PIRES, A. S. T.; CARVALHO, R. P. **POR DENTRO DO ÁTOMO:** física de partículas para leigos. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

POLETTO, Matheus. **A CIÊNCIA FORENSE COMO METODOLOGIA ATIVA NO ENSINO DE CIÊNCIAS**. Experiências em Ensino de Ciências, V.12, No8, p. 88-100, 2017. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID438/v12_n8_a2017.pdf>. Acessado em: 05 de Jun. de 2020.

RAMOS, R. C. S. S.; SALVI, R. F. **ANÁLISE DE CONTEÚDO E ANÁLISE DO DISCURSO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA** – UM OLHAR SOBRE A PRODUÇÃO EM PERIÓDICOS QUALIS A1 E A2. IV Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, Brasília – DF, 25 a 28 de outubro de 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/grupo-pesquisa/ifhiecem/arquivos/9GT94689598053.pdf>. Acessado em: 05 de Jan. de 2022.

ROSITO, B. A. (2003). **O ENSINO DE CIÊNCIAS E A EXPERIMENTAÇÃO**. In: Moraes, R. (Org). Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas. Porto Alegre: EDIPUCRG, 195-208. Disponível em: <http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID438/v12_n8_a2017.pdf>. Acessado em: 01 de Dez. de 2018.

SEGATTO, B.R. **Cuidados na elaboração de laudos periciais envolvendo vítimas fatais de queda de alturas usando o Tracker**. Revista Brasileira de Criminalística, v. 8, n. 1, p. 31-34, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v0i0.00>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

SHNEUWLY, B.; DOTZ, J. **GÊNEROS ORAIS E ESCRITOS NA ESCOLA**. 2ª. Ed. Campinas, São Paulo, 2010.

SILVA, G. **O QUE É CIÊNCIA FORENSE?.** Educa mais brasil, 30 de Set. de 2020. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/carreira/o-que-e-ciencia-forense>. Acessado em 20 de Fev. de 2022.

SOUZA, Cleber Moreira. **CIÊNCIAS FORENSES EM SALA DE AULA**. Maringá, PR, 2008. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/ciencias-forenses-em-sala-de-aula/9772>. Acessado em: 02 de Jun. de 2020.

SOUZA, E. J. et al. **O JOGO DO PERITO: uma proposta investigativa para o ensino de ciências utilizando elementos de física forense.** XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade

Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, p.4, Jul.2017. Disponível em: **<**http://abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1245-1.pdf>. Acessado em: 06 de Jun. de 2020.

SOUZA, E. J. **FÍSICA FORENSE NA EDUCAÇÃO BÁSICA:** UMA PROPOSTA BASEADA NA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA. 2019. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/bitstream/handle/11600/54624/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20%c3%89der%20J%c3%banior%20de%20Souza.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acessado em: 15 de Fev. de 2022.

VELHO, J.A., GEISER, G.C., & ESPINDULA, A. **CIÊNCIAS FORENSES** – uma introdução às principais áreas da Criminalística Moderna. 3ª Edição. Millennium Editora, 2017. Disponível em: <https://www.cienciasforenses.org.br/?page_id=333>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

WITZSCHE, R. **TRANSCRIÇÃO DA CENA 31 DO VÍDEO " *Climate Change in the Sunlight".*** Disponível em: <http://www.ice-age-ahead-iaa.ca/scrp_absolute_climate/tccd031.htm>. Acessado em: 29 de Jul. de 2020.

ZABALA, A. **A PRÁTICA EDUCATIVA: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5350222/mod_resource/content/1/texto12A_azabala_1998.pdf>. Acessado em: 07 de Jun. de 2020.

ZÚÑIGA, V. T.; MUÑETÓN, J.G. B. **Cálculo de la distancia máxima que justifica utilizar el modelo lineal en una reconstrucción de trayectoria balística**. Revista Brasileira de Criminalística, 6(3), 7-12, 2017. Disponível em: <https://revista.rbc.org.br/index.php/rbc/article/view/183>. Acessado em: 21 de Fev. de 2022.

APÊNDICE A – PRÉ-TESTE 01

QUESTIONÁRIO 1

Levantando conhecimentos prévios sobre as Ciências Forenses

ALUNO:_____**DATA:**__/__/__

QUESTÕES

1) Escreva o que você conhece sobre ciências forenses.

2) Quais áreas da perícia você já ouviu falar?

3) Saberia dizer alguns dos equipamentos ou técnicas utilizadas pelos peritos na elucidação de um crime?

4) Em sua opinião, quais ramos das ciências são aplicados pelos peritos nos seus trabalhos de investigação criminal?

5) Você já viu um perito atuando? Se a reposta for sim, relate um pouco sobre o que viu do trabalho.

6) Você já assistiu filmes ou seriados sobre investigação forense? Quais? Você vê semelhança entre o dia a dia e a ficção no trabalho dos peritos?

7) Você conhece alguma coisa sobre a aplicação de luzes de frequências (cores) diferentes para auxiliar no levantamento de vestígio num local de crime? Caso conheça, em sua opinião, quais e de que modo seriam esses procedimentos?

APÊNDICE B – PRÉ-TESTE 02

QUESTIONÁRIO 2

Levantando subsunçores sobre conceitos de física relativos aos modelos atômicos e interação luz-matéria

ALUNO:_____**DATA:**__/__/__

QUESTÕES

1) No seu entender, como é constituída basicamente a matéria?

2) No seu entender, o que seria um átomo?

3) Para você, quais os elementos (partículas) que compõem um átomo? Faça um desenho que, no seu entender, represente esse átomo.

4) No seu entender, quando ocorre a incidência de luz sobre os elementos que compõem a matéria, o que ocorre?

5) No seu entender, o que seria a luz? Faça um desenho que represente a composição da luz para você?

6) Você conhece algum modelo atômico? Se sim, qual?

7) Faço um desenho do modelo atômico que você conhece.

APÊNDICE C – RETOMANDO CONCEITOS DE CIÊNCIAS FORENSES

QUESTIONÁRIO 3

Retomando os conceitos de física aplicada as ciências forenses.

ALUNO:_____**DATA:**__/__/__

QUESTÕES

1) As ciências (física, química, biologia, entre outras) podem ser aplicadas na resolução de crimes? Explique.

2) Luzes de comprimento de onda (cores) diferentes podem ser usadas para detecção de vestígios em locais de crime e/ou em documentos falsos? Explique.

APÊNDICE D – APROFUNDANDO OS CONHECIMENTOS

QUESTIONÁRIO 4

ALUNO:_____**DATA:**__/__/__

QUESTÕES

1) (Site Mundo Educação) Um dos modelos atômicos mais importantes para a evolução da teoria atômica foi aquele conhecido como modelo planetário, proposto pelo físico Niels Bohr. De acordo com o modelo de Bohr:

a) os elétrons distribuem-se em volta do núcleo em uma nuvem de probabilidades.

b) os elétrons orbitam em torno do núcleo, apresentando qualquer nível de energia.

c) os elétrons orbitam em torno dos núcleos atômicos com energia quantizada, isto é, os elétrons não podem ocupar qualquer nível de energia, somente múltiplos de uma quantidade fixa.

d) os elétrons ocupam a superfície do átomo.
e) os átomos são indivisíveis.

2) (UFAL-2011) De acordo com o modelo atômico de Bohr, elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas específicas, tais como os planetas giram em órbitas específicas ao redor do Sol. Diferentemente dos planetas, os elétrons saltam de uma órbita específica para outra, ganhando ou perdendo energia. Qual das afirmações abaixo está em discordância com o modelo proposto por Bohr?
a) Ao saltar de uma órbita mais próxima do núcleo, para outra mais afastada, o elétron absorve energia.
b) Ao saltar de uma órbita mais afastada do núcleo para outra mais próxima, o elétron emite energia.

c) Dentro de uma mesma órbita, o elétron se movimenta sem ganho ou perda de energia.
d) O processo no qual o elétron absorve energia suficiente para escapar completamente do átomo é chamado ionização.
e) O modelo proposto é aplicado com êxito somente ao átomo de hidrogênio.

3) (PUC-RS) Um átomo excitado emite energia, muitas vezes em forma de luz visível, porque:
a) um de seus elétrons foi arrancado do átomo.
b) um dos elétrons desloca-se para níveis de energia mais baixos, aproximando-se do núcleo.
c) um dos elétrons desloca-se para níveis de energia mais altos, afastando-se do núcleo.
d) os elétrons permanecem estacionários em seus níveis de energia.
e) os elétrons se transformam em luz, segundo Einstein.

4) (UFPR-PR) Segundo o modelo atômico de Niels Bohr, proposto em 1913, é correto afirmar:
a) No átomo, somente é permitido ao elétron estar em certos estados estacionários, e cada um desses estados possui uma energia fixa e definida.
b) Quando um elétron passa de um estado estacionário de baixa energia para um de alta energia, há a emissão de radiação (energia).
c) O elétron pode assumir qualquer estado estacionário permitido sem absorver ou emitir radiação.
d) No átomo, a separação energética entre dois estados estacionários consecutivos é sempre a mesma.
e) No átomo, o elétron pode assumir qualquer valor de energia.

5) (Vunesp-adaptada) Em 1913, Niels Bohr (1885-1962) propôs um modelo que fornecia uma explicação para a origem dos espectros atômicos. Nesse modelo, Bohr introduziu uma série de postulados, dentre os quais, a energia do elétron só pode assumir certos valores discretos, ocupando níveis de energia permitidos ao redor do núcleo atômico. Considerando o modelo de Bohr, os diferentes espectros atômicos podem ser explicados em função:

a) do recebimento de elétrons por diferentes elementos.

b) da perda de elétrons por diferentes elementos.

c) das diferentes transições eletrônicas, que variam de elemento para elemento.

d) da promoção de diferentes elétrons para níveis mais energéticos.

e) da instabilidade nuclear de diferentes elementos.

APÊNDICE E – QUESTÃO SOBRE O SIMULADOR 02

QUESTIONÁRIO 5

Questão sobre o simulador 02, interação luz-matéria.

ALUNO:_____**DATA:**__**/**__**/**__

QUESTÃO

1) Após manipular o simulador de interação entre molécula e a luz, escreva o que você observa quando é lançada uma luz visível sobre as moléculas de Dióxido de Nitrogênio (NO2) e Ozônio (O3) e o que ocorre quando se lança sobre as mesmas moléculas a luz ultravioleta.

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

APÊNDICE F – PESQUISA SOBRE O FENÔMENO DA LUMINESCÊNCIA

QUESTIONÁRIO 7

Pesquisa sobre o fenômeno da Luminescência.

ALUNO:_____**DATA:**__/__/__

QUESTÃO

1) Explique, com base no que já estudamos sobre interação da luz com a matéria, o que acontece para que se tenha aquele brilho luminoso visto no trecho do seriado CSI. Nesta tarefa, pode ser feito uma pesquisa sobre o fenômeno observado.

_____

_____

_____

_____

_____

_____

APÊNDICE G – PÓS-TESTE

QUESTIONÁRIO 8

Avaliação individual de aprendizagem.

ALUNO:_____**DATA:**__/__/__

QUESTÕES

1) Um perito recebeu no laboratório de documentoscopia, setor responsável pelas perícias para identificar documentos falsos, assinaturas falsificadas, dinheiro falso entre outras falsificações, uma carteira de habilitação. Ao submeter o documento a luz ultravioleta (UV-A), foi possível observar o brilho de alguns elementos de segurança presentes somente em documentos verdadeiros, conforme vemos na imagem:

Fonte: Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165949.pdf>. Acessado em: 23 de Jun. de 2021.

O fenômeno observado ocorre porque alguns elétrons que compõem os átomos do material do documento absorvem energia luminosa e saltam para níveis de energia mais externos. Esses elétrons retornam aos seus níveis originais, liberando energia luminosa e fazendo brilhar os pontos onde encontram-se os elementos de segurança. Essa característica pode ser explicada considerando-se o modelo atômico proposto por:

a) Dalton.

b) Thomson.

c) Lavoisier.

d) Rutherford.

e) Bohr.

2) Numa cena de crime, onde foi encontrada uma criança morta com suspeita de ter sido estuprada, foi localizado pelo perito criminal um short próximo a vítima, que foi encaminhado para o laboratório de biologia forense. Durante o exame, para localização de material biológico na peça, foi utilizado pelo perito luz forense que evidenciou a presença de tal vestígio, sendo visualizado a imagem abaixo:

Fonte: Disponível em: <http://cbnrp.com.br/noticias/pericia-identifica-semen-em-short-de-crianca-estuprada-pelo-padrasto>. Acessado em: 23 de Jun. de 2021.

A partir das primeiras décadas do século XX, Niels Bohr propôs uma explicação razoável sobre a emissão luminosa como as que vemos na imagem acima. Assim, qual alternativa expõe o postulado de Bohr que esclarece a emissão luminosa visualizada pelo perito?

a) Os elétrons movem-se em níveis bem definidos de energia, que são denominados níveis estacionários.

b) Ao receber uma quantidade bem definida de energia, um elétron “salta” de um nível mais externo para um nível mais interno.

c) Um elétron que ocupa um nível mais externo “pula” para um nível mais interno, liberando uma quantidade bem definida de energia.

d) Quanto mais próximo do núcleo estiver um elétron, mais energia ele pode emitir na forma de luz; quanto mais distante do núcleo estiver um elétron, menos energia ele pode emitir.

e) Ao se mover em um nível de energia definida, um elétron libera energia na forma de luz visível.

3) Muito utilizado nas investigações forense, o Luminol permite a visualização em locais contaminados com pequenas quantidades de sangue, até mesmo se a superfície for lavada após o crime. O Luminol é uma substância que reage com o ferro presente na hemoglobina do sangue produzindo luz, como podemos ver na imagem abaixo:

Fonte: Disponível em: <http://old.agracadaquimica.com.br/index.php?&ds=1&acao=quimica/ms2&i=21&id=481>. Acessado em: 23 de Jun. de 2021.

Explique o que acontece no nível subatômico para que sejam visualizados os vestígios de sangue na cena do crime.

_____

_____

_____

_____

APÊNDICE H – AVALIAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

QUESTIONÁRIO 9

Gostaria que você pudesse avaliar essa sequência. Pode responder com total liberdade, pois sua contribuição vai ajudar muito para a melhoria do trabalho. ***Não é necessário você se identificar!***

DATA:__/__/__

1) Em sua opinião, a utilização das ciências forenses durante as aulas contribuiu na compreensão e aprendizado dos conceitos de física moderna e contemporânea abordados? Por quê?

2) Das atividades desenvolvidas na Sequência Didática, qual você mais gostou? Qual você gostou menos? Por quê?

3) Você acha que os conteúdos aprendidos durante as aulas foram importantes para a sua formação? Por quê?

4) Quais dificuldades você encontrou ao longo das aulas da Sequência Didática?

5) Em sua opinião, o que poderia ter melhorado ao longo das aulas? Deixe aqui alguma sugestão ou comentário sobre as aulas e atividades desenvolvidas nesta Sequência Didática.

APÊNDICE I – PRODUTO EDUCACIONAL

O ENSINO DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DAS CIÊNCIAS FORENSES

PRODUTO EDUCACIONAL

Renan Costa Loyola

Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍPITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

RENAN COSTA LOYOLA

PRODUTO EDUCACIONAL

O ENSINO DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DAS CIÊNCIAS FORENSES

VITÓRIA ES, 2022.

APRESENTAÇÃO

Caro professor, o material aqui apresentado foi desenvolvido como uma sequência didática, ancorada numa Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS (MOREIRA, 2011), que se propõem auxiliar na aprendizagem de conceitos relativos à níveis de energia, transições eletrônicas, emissão e absorção da luz, fótons e o átomo de Bohr, utilizando como ferramenta as ciências forenses, para alunos do Ensino Médio.

A UEPS desenvolvida está estruturada em oito etapas investigativas de modo que na sequência proposta de atividades buscou-se favorecer o emprego de várias ferramentas e estratégias didáticas, onde podemos destacar: utilização de vídeos, atividade experimental e aulas expositivas dialogadas.

Vale destacar que este produto didático aqui desenvolvido e descrito fez parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Com essa sequência didática, espera-se que seja um auxilio aos professores que desejem desenvolver temas referentes à Física Moderna aplicando as ciências forenses como ferramenta motivadora para introduzir tais conceitos.

Você professor, como mediador do processo de ensino aprendizagem, poderá fazer todas as alterações que julgar necessárias nessa sequência didática para que ela fique mais bem adaptada ao seu ambiente de ensino e ao público com que você trabalha.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Resumo das etapas da UEPS. 25

Quadro 2 – Resumo da 1ª etapa da UEPS 27

Quadro 3 – Resumo da 2ª etapa da UEPS. 28

Quadro 4 – Resumo da 3ª etapa da UEPS. 30

Quadro 5 – Resumo da 4ª etapa da UEPS. 33

Quadro 6 – Resumo da 5ª etapa da UEPS. 36

Quadro 7 – Resumo da 6ª etapa da UEPS. 39

Quadro 8 – Resumo da 7ª etapa da UEPS. 40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo atômico de Dalton, chamado de “bola de bilhar”. 8

Figura 2 - John Dalton (1766-1844). 8

Figura 3 - Diagrama do tudo catódico de J. J. Thomson. 9

Figura 4 - Diagrama do tudo catódico de J. J. Thomson. 10

Figura 5 - Modelo Atômico de Thomson – “Pudim de Passas”. 10

Figura 6 - Esquema do experimento de Rutherford. 11

Figura 7 - Ernest Rutherford (1871-1937). 12

Figura 8 - Modelo atômico proposto por Rutherford (1871-1937). 12

Figura 9 - Linhas escuras observadas por Fraunhofer no espectro solar. 13

Figura 10 - Os três tipos de espectros na classificação de Kirchhoff: o contínuo, o de emissão e o de absorção. 14

Figura 11 - Espectro do hidrogênio atômico na região do visível. 15

Figura 12 - A teoria clássica propunha que um elétron acelerado deveria emitir radiação continuamente, o que faria com ele caísse no núcleo. 17

Figura 13 - Três dos níveis de energia de um átomo. 19

Figura 14 - Órbita circular de um só elétron em torno do núcleo..... 20

Figura 15 - Recortes do Vídeo: “Experimento com Luzes Forenses”. 29

Figura 16 - Recorte do Vídeo: “Polícia mostra como identifica documento e dinheiro falsos”. 30

Figura 17 - Recorte do Vídeo: “Tudo se Transforma, História da Química, História dos Modelos Atômicos”. 32

Figura 18 - Recorte do Vídeo: “O átomo de Bohr | Estrutura eletrônica de átomos | Química | Khan Academy”. 32

Figura 19 - Simulador Phet: Modelos do Átomo de Hidrogênio..... 33

Figura 20 - Recorte do Vídeo: “Níveis de Energia Atômica – Fisica - KhanAcademy”. 35

Figura 21 - Simulador Phet: Moléculas e Luz. 35

Figura 22 - Simulador Phet: Moléculas e Luz. 37

Figura 23 - Recorte do Vídeo: “COMO FUNCIONA A LÂMPADA FLUORESCENTE?”. 38

Figura 24 - Recorte do Vídeo: “CSI 1T E21 Efeito Luminol”. 38

Figura 25 - Recorte do Vídeo: “CSI 3T EP15 Efeito LuminolAgain”. 38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 6

2 BREVE HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: DE DALTON AO ÁTOMO DE BOHR. 7

2.1 MODELO ATÔMICO DE DALTON 7

2.2 MODELO ATÔMICO DE THOMSON 9

2.3 MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD 11

2.4 ESPECTROS ATÔMICOS 13

2.5 MODELO ATÔMICO DE BOHR 17

3 A CIÊNCIA FORENSE 22

3.1 FÍSICA FORENSE 23

4 DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA 25

4.1 DESENVOLVIMENTO AULA A AULA DA UEPS 26

4.1.1 1º Passo – Definição dos tópicos específicos a serem abordados, apresentação da pesquisa e levantamento dos conhecimentos prévios sobre ciências forenses. 26

4.1.2 2º Passo – Situação inicial: Levantando os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos de física moderna e contemporânea. 28

4.1.3 3º Passo – Situação-problema inicial. 29

4.1.4 4º Passo – Apresentação dos conceitos físicos 31

4.1.5 5º Passo – Aprofundando os conhecimentos 34

4.1.6 6º Passo – Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora 36

4.1.7 7º Passo – Avaliação somativa individual e Avaliação da UEPS 40

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 41

ANEXO I 44

ANEXO II 45

1 INTRODUÇÃO

O Produto Educacional implementado é constituído por uma sequência didática desenvolvida em oito etapas, constando meios de mediação e atividades que encaminham o aluno a uma aprendizagem significativa do tema proposto. A estruturação dessa sequência se deu de tal modo que cada aula apresenta conteúdos que serviram como ancora para aquisição de novos elementos que serão apresentados na aula subsequente.

Neste contexto, as concepções iniciais a respeito dos conceitos físicos, escolhidos a serem trabalhados neste produto, poderão ser contempladas e confrontadas com as concepções que as sucederão no transcorrer da aplicação da sequência.

Vale ressaltar, que este Produto Educacional trás como ferramenta auxiliadora, no processo de ensino-aprendizagem, a aplicação das ciências forenses como meio para despertar no aluno o interesse em aprender, favorecendo assim na introdução dos conteúdos de física. Para tal, este trabalho dispõe de textos preparatórios, roteiros experimentais, um pré-teste, um teste final e uma avaliação da sequência aplicada para que os alunos respondam suas percepções a respeito do trabalho desenvolvido.

2 BREVE HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS: DE DALTON AO ÁTOMO DE BOHR.

A busca pela compreensão da constituição da matéria pela humanidade é algo que vem sendo, há séculos, objeto de estudos filosóficos e científicos. Uns dos precursores a definir que a matéria só poderia dividir-se em porções cada vez menores até um limite, denominado de Átomo, como sendo essa partícula minúscula e indivisível que compõem a matéria, foram os filósofos gregos Demócrito e Leucipo, por volta do século V a.C.

A evolução do conhecimento da constituição da matéria recebeu, ao longo do tempo, inúmeras contribuições. Através de observações e experiências, como as advindas dos espectros de emissão atómica, que, além de oferecerem informações sobre a constituição e a temperatura das estrelas, também foram propulsores de grandes avanços relativos ao conhecimento humano sobre a composição da matéria, o que levou a um gigantesco passo na formulação dos modelos atômicos.

Vamos neste capítulo nos ater a descrever a evolução histórica dos modelos atômicos de John Dalton, J.J. Thomson e Ernest Rutherford, espectros atômicos de emissão e absorção e o modelo atômico de Bohr.

2.1 MODELO ATÔMICO DE DALTON

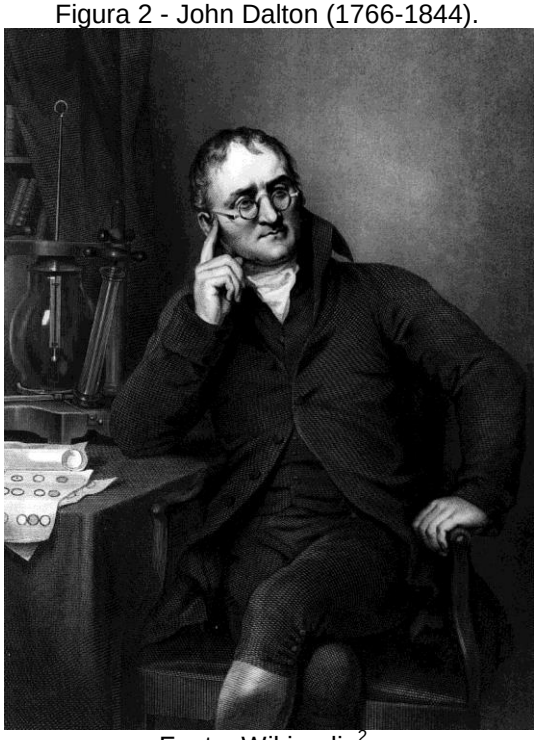
John Dalton (1766-1844), químico Inglês que propôs sua teoria sobre a estrutura atômica da matéria baseado em seus experimentos e estudos que o levaram a concluir: 1) que a matéria apresenta partículas (átomos) que possuem massa; 2) que a combinação de diferentes átomos forma átomos compostos, que seriam as substâncias; 3) que átomos diferentes apresentam massas e tamanhos diferentes; 4) que os átomos não sofrem transformações, são imutáveis; e 5) que os elementos químicos diferentes apresentam massas diferentes porque seus átomos são diferentes. Em suma, ele postulou para seu modelo atômico que o átomo é uma esfera maciça, homogênea, indestrutível, indivisível e de carga elétrica neutra. O modelo de Dalton ficou também conhecido como “bola de bilhar” (OLIVEIRA e FERNANDES, 2006, Pág. 4), como apresentado na Figura 01.

Figura 1 - Modelo atômico de Dalton, chamado de “bola de bilhar”.

Fonte: Site Toda Matéria[1].

John Dalton (Figura 02) obteve o mérito por consolidar a ideia do átomo como unidade elementar da matéria, valendo-se para isso de dados experimentais quantitativos. Entretanto, o seu modelo apresentava vários erros, que a partir da segunda metade do século XIX foram demonstrados.

Figura 2 - John Dalton (1766-1844).



Fonte: Wikipedia[2].

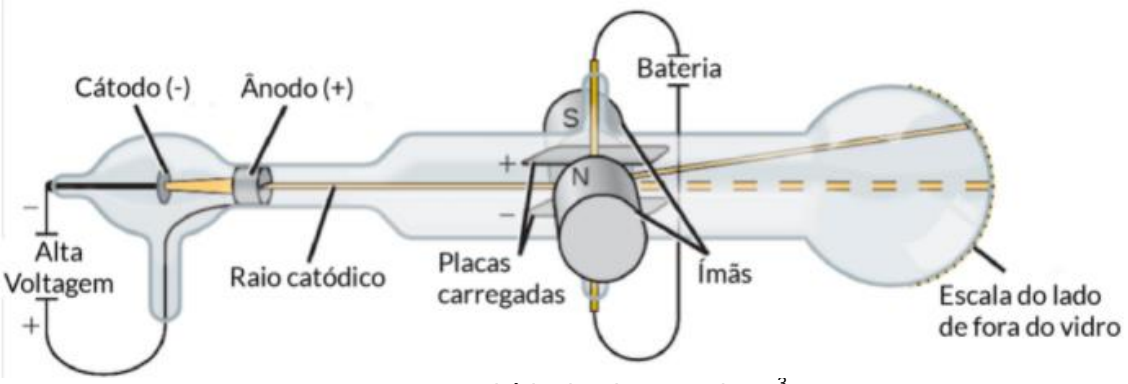
[1] Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/modelo-atomico-de-dalton/>. Acessado em 12 de Nov. de 2021.

[2] Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/John_Dalton#/media/Ficheiro:Dalton_John_desk.jpg>. Acessado em 12 de Nov. de 2021.

2.2 MODELO ATÔMICO DE THOMSON

O físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940), em um de seus experimentos, submeteu a voltagens elevadíssimas um tubo com gases, produzindo raios catódicos. Quando se aplicava um campo elétrico externo, estes raios se desviavam em direção à uma placa positiva (Figura 03), o que significava que o átomo teria partículas negativas, que foram denominadas como sendo os elétrons. Mas, tendo em vista que a natureza da matéria é neutra, uma explicação plausível para tal fato seria de que existiria uma parte positiva que neutralizaria os elétrons.

Figura 3 - Diagrama do tudo catódico de J. J. Thomson.



Fonte: Repositório da Khan Academy[3].

Em 1903, apoiando-se nessa premissa, Thomson (Figura 04) modificou o modelo de Dalton, afirmando que o átomo não seria maciço nem indivisível, estabelecendo assim o seu modelo, onde propôs que o átomo é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustada de elétrons (que são as partículas negativas), de modo que sua carga total seja nula.

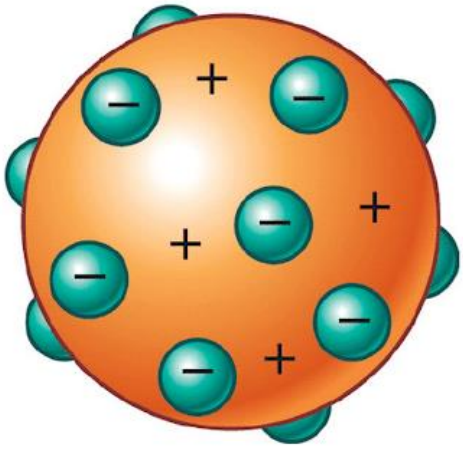
[3] Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/chemistry/electronic-structure-of-atoms/history-of-atomic-structure/a/discovery-of-the-electron-and-nucleus>. Acessado em 12 de Nov. de 2021.

Figura 4 - Diagrama do tudo catódico de J. J. Thomson.

Fonte: Mundo Educação[4].

O modelo de Thomson ficou conhecido como “pudim com passas” (Figura 05) e teve vida curta, pois foi logo notada sua incompatibilidade com os resultados encontrados com novos experimentos que foram realizados por outros cientistas (OLIVEIRA e FERNANDES, 2006, Pág. 14).

Figura 5 - Modelo Atômico de Thomson – “Pudim de Passas”.



Fonte: Site Entendendo Química[5].

[4] Disponível em: https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/o-atomo-thomson.htm. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.
[5] Disponível em: http://entendendoquimica.blogspot.com/2012/06/modelo-atomico-de-thomson-e-rutherford.html. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

2.3 MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD

O físico Ernest Rutherford (1871-1937), natural da Nova Zelândia, em 1911 realizou um experimento em que foi bombardeada uma lâmina muito fina de ouro com partículas Alfa (Figura 06).

Figura 6 - Esquema do experimento de Rutherford.

Fonte: Site Prepara Enem[6].

Foi observado durante o experimento que a maioria das partículas atravessou a lâmina, o que se levava a acreditar que existiam espaços vazios no átomo. Outras partículas eram desviadas, o que poderia ser explicado considerando que o núcleo do átomo fosse pequeno e denso. Por fim, algumas partículas Alfa sofreram desvios de trajetória, o que demonstrava que o núcleo seria positivo, pois as partículas Alfa são positivas e sofreram repulsão ao passar próximas ao núcleo do átomo. Rutherford (Figura 07) então defendeu que o seu modelo atômico seria descrito de modo que o átomo seria composto por um núcleo muito pequeno e de carga elétrica positiva, equilibrado por cargas elétricas negativas, que seriam os elétrons, estes ficariam girando ao redor do núcleo, numa região denominada eletrosfera.

[6] Disponível em: <https://www.preparaenem.com/quimica/experimento-rutherford.htm>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

Figura 7 - Ernest Rutherford (1871-1937).

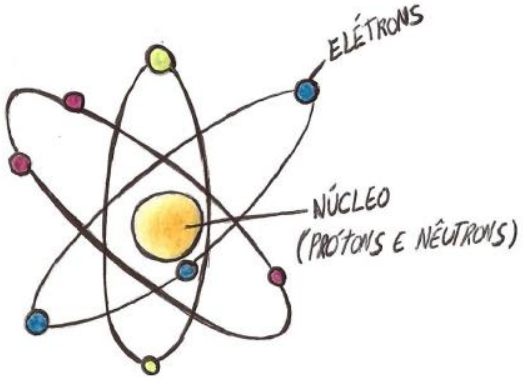
Fonte: Site Brasil Escola[7].

Segundo Pires e Carvalho (2014):

> O experimento de Rutherford levou à conclusão de que o átomo seria composto de um núcleo positivo, que ocuparia uma região muito pequena, comparada ao tamanho do átomo, e de cargas negativas que orbitavam em torno desse núcleo. O movimento dos elétrons seria então um movimento circular, com uma aceleração centrípeta, devido à atração elétrica entre as cargas. No entanto, havia uma falha em seu modelo: uma carga em movimento acelerado emite radiação eletromagnética; ao se mover com aceleração centrípeta, o elétron deveria emitir radiação e perder energia. Com isso, o raio de sua órbita deveria diminuir gradativamente até que ele colidisse com o núcleo. Não haveria, portanto, átomos estáveis, que formassem a matéria tal como a conhecemos (PIRES; CARVALHO, 2014, p. 24).

A proposta de Rutherford compara a estrutura atômica com o sistema solar, onde o sol seria o núcleo do átomo e os elétrons seriam os planetas orbitando em volta do núcleo. Por tal semelhança, seu modelo ficou conhecido como modelo “planetário” ou “sistema solar” (Figura 08, LOPES, 2009).

Figura 8 - Modelo atômico proposto por Rutherford (1871-1937).



Fonte: Revista IFES Ciência[8].

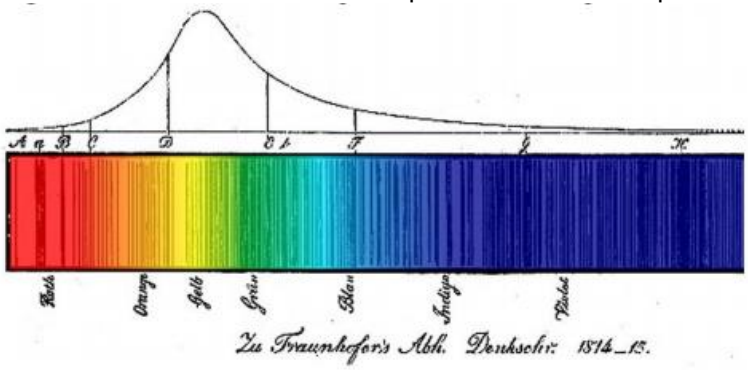
[7] Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/ernest-rutherford.htm>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

O modelo proposto por Rutherford, apesar de muito utilizado para explicar alguns fenômenos físicos existentes, apresentava algumas incongruências que comprometeram sua total aceitação (LOPES e GOMES, 2018, pág. 13). O modelo, por exemplo, não explicava a estabilidade do átomo uma vez que, de acordo com a eletrodinâmica clássica, partículas carregadas em movimento emitem radiação e, portanto, o elétron deveria colapsar no núcleo.

2.4 ESPECTROS ATÔMICOS

O alemão Joseph Von Fraunhofer, no início do século XIX, obteve a primeira evidência experimental relevante sobre os espectros atômicos ao fazer observações referentes ao espectro do Sol, descobrindo que apresentava uma série de linhas escuras sobre ele (Figura 09). Tais linhas ou raias passaram a ser chamadas mais tarde de linhas ou raias de Fraunhofer (NUSSENZVEIG, 1998, p. 260).

Figura 9 - Linhas escuras observadas por Fraunhofer no espectro solar.



Fonte: Página Segredos da Luz e da Matéria[9].

Dois outros pesquisadores, o químico alemão Robert Bunsen (1811-1899) e o físico prussiano Gustav Kirchhoff (1824-1887), tiveram grande importância no desenvolvimento da espectroscopia (NUSSENZVEIG, 1998, p. 260). Durante seus estudos, eles observaram os espectros de diversos elementos que, colocados numa chama, formavam uma série de linhas brilhantes, não contínuas, que variavam de elemento para elemento. Assim, cada elemento

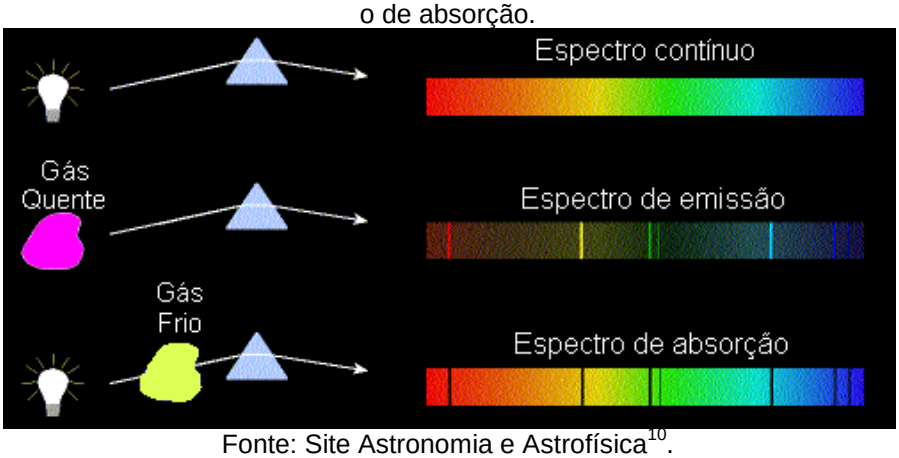
[8] Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/download/349/311/1304>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.
[9] Disponível em: <https://sites.google.com/site/segredosluzmateria/home/os-espetros-com-codigos-de-barras-dos-elementos>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

apresentava uma série de linhas espectrais bem definidas e características, que é o espectro de emissão do elemento analisado. Ao contrário, quando as linhas aparecem escuras, caracteriza-se o espectro de absorção do elemento.

Através dos experimentos, Kirchhoff formulou empiricamente três leis que definem os tipos básicos de espectros (Figura 10) que, segundo Filho e Saraiva (2020), são:

> 1) Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo.
> 2) Um gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.
> 3) Se um espectro contínuo passar por um gás à temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras (absorção). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.

Figura 10 - Os três tipos de espectros na classificação de Kirchhoff: o contínuo, o de emissão e o de absorção.



Fonte: Site Astronomia e Astrofísica[10].

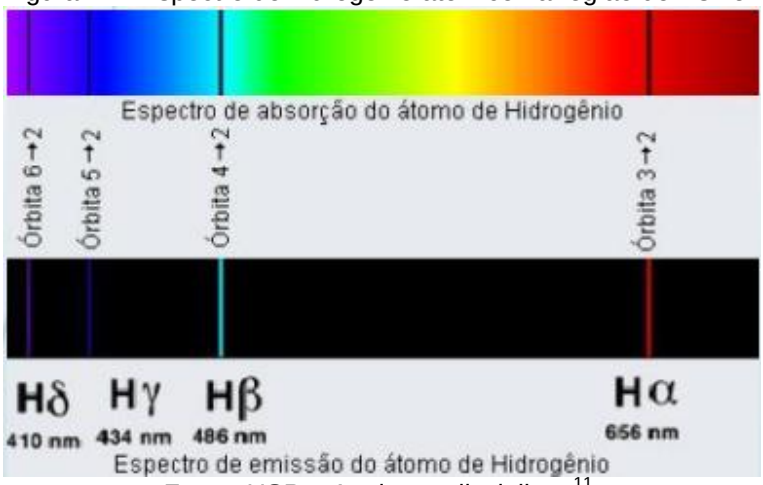
Podemos observar que as linhas de absorção produzidas por um gás estão nas mesmas posições das linhas de emissão que esse gás produz. As raias de absorção são escuras não porque não tenham luz nenhuma, mas sim porque são mais fracas do que o espectro contínuo presente no seu entorno.

Sabe-se que os espectros emitidos pelos átomos possuem características distintas, podendo-se assim realizar a caracterização e diferenciação dos elementos químicos que constituem a matéria presente na natureza através da análise das linhas espectrais produzidas. Assim, o espectro atômico pode ser entendido como uma impressão digital dos elementos constituintes da matéria.

[10] Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

Nessa perspectiva, um dos espectros que tiveram considerável interesse em ser estudado pelos cientistas foi o espectro de emissão do hidrogênio atômico (Figura 11). Isso se deu devido ao fato dele possuir apenas um elétron, sendo o "átomo mais simples" (EISBERG e RESNICK, 1979, pg. 136), com maior abundância no universo e por aparecer com parte do seu espectro dentro da região de comprimentos de onda da luz visível.

Figura 11 - Espectro do hidrogênio atômico na região do visível.



Fonte: USP – Apoio as disciplinas[11].

Um grande desafio existente para os cientistas era como obter empiricamente uma representação matemática do comprimento de onda das raias do espectro de emissão do hidrogênio atômico.

Nesse contexto, em 1885 o professor secundarista, físico e matemático suíço, Johann Jakob Balmer consegue desenvolver uma fórmula empírica para descrever com "grande precisão (dentro de 0,02%) as posições desse conjunto de raias" (NUSSENZVEIG, 1998, p. 261). Segue abaixo a equação proposta por Balmer:

$$\lambda = 3646\ \frac{n^2}{n^2-4},\ n = 3, 4, 5, \ldots \qquad (1)$$

[11] Disponível em: https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fedisciplinas.usp.br%2Fpluginfile.php%2F214290%2Fmod_folder%2Fcontent%2F0%2Faula_6_Atomo_Bohr_mecanica_quantica.pdf%3Fforcedownload%3D1&psig=AOvVaw1SoDkeKrViY2pcKvORiI0f&ust=1636840798086000&source=images&cd=vfe&ved=0CAwQjhxqFwoTCJjCsKvpk_QCFQAAAAAdAAAAABAD. Acessado em: 12 de Nov. de 2021.

Onde na equação λ corresponde ao comprimento de onda, *n* são os níveis de energia para o átomo de hidrogênio e 3646 Å é o valor de uma constante “C”. Apresentando o resultado em termos do inverso do comprimento de onda, temos:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right), n, = 1, 2, 3, \ldots \qquad (2)$$

Onde R_H = 4/C chama-se constante de Rydberg para o hidrogênio, sendo seu valor correspondente a aproximadamente: R_H = 109,677 cm^{-1}. Tal constante indica a “precisão possível em medidas espectroscópicas” (EISBERG e RESNICK, 1979, pg. 137).

Após a formulação empírica de Balmer, outras séries foram também obtidas (Tabela 1), possuindo a mesma estrutura geral, ou seja:

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left[\frac{1}{(m-a)^2} - \frac{1}{(n-b)^2}\right] \qquad (3)$$

Tabela 1 - Séries do hidrogênio.

Nomes	Faixas de comprimento de onda	Fórmulas	Valores de n
Lyman	Ultravioleta	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 2, 3, 4, ...
Balmer	Ultravioleta próximo e visível	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 3, 4, 5, ...
Paschen	Infravermelho	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 4, 5, 6, ...
Brackett	Infravermelho	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 5, 6, 7, ...
Pfund	Infravermelho	$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right)$	n = 6, 7, 8, ...

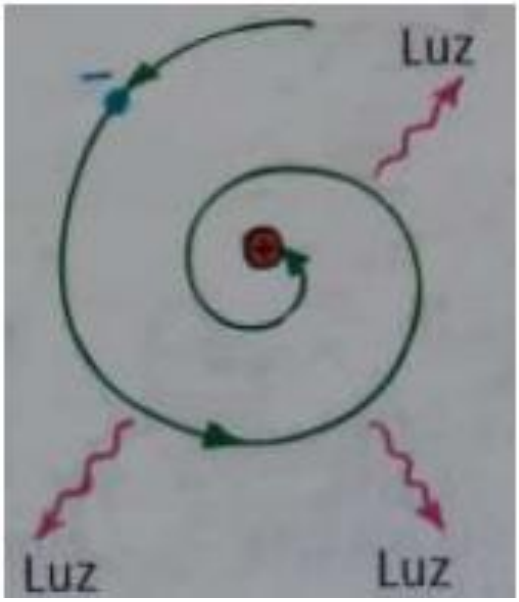
Adaptado pelo autor (Fonte: EISBERG e RESNICK, 1979, pg. 137).

Os resultados apresentados pelas descobertas dessas séries eram “incompreensíveis pela física clássica” (NUSSENZVEIG, 1998, p. 262). Dessa forma, se fez necessário a construção de um modelo atômico que conseguisse dialogar com as características específicas apresentadas pelos espectros atômicos. Nesse contexto, aparece o modelo proposto por Niels Bohr.

2.5 MODELO ATÔMICO DE BOHR

Devido aos resultados apresentados por Rutherford sobre a estrutura atômica da matéria, as propostas anteriores, como a de J.J. Thomson tornaram-se incompatíveis com os resultados experimentais. Entretanto, o modelo planetário de Rutherford, onde os elétrons ficam orbitando em torno do núcleo, apresentava também problemas para explicar a estabilidade do átomo, pois, conforme o eletromagnetismo clássico, uma carga acelerada girando em torno do núcleo deve emitir radiação. Ao perder energia, o elétron entraria em movimento espiralado até chocar-se com o núcleo (Figura 12), o que levaria ao colapso do átomo (NUSSENZVEIG, 1998, p. 262). Caso fosse assim, para uma órbita na escala atômica, o átomo colapsaria em tempo inferior a 10^{-9} s, o que não permitiria que a matéria fosse estável.

Figura 12 - A teoria clássica propunha que um elétron acelerado deveria emitir radiação continuamente, o que faria com ele caísse no núcleo.



Fonte: Hewitt (2011, p. 576).

No final do século XIX, mesmo os físicos maravilhados com a unificação da eletricidade e do magnetismo por meio das equações de Maxwell, ainda pairavam dúvidas sobre a realidade de alguns fenômenos que não podiam ser explicados pela teoria das ondas eletromagnéticas, como era o caso da radiação térmica emitida por um corpo negro. Em 1900, o cientista alemão Max Planck, apresentou um estudo teórico sobre a radiação de um corpo negro e verificando matematicamente uma equação que demonstrava compatibilidade com os resultados experimentais. Para tanto, Planck considerou que na superfície do corpo negro existissem "cargas elétricas oscilantes"[12], que emitiriam energia de forma não contínua, que por sua vez transportavam uma quantidade bem definida de energia, que denominou-se chamar de Fótons. Essa energia E de cada fóton foi chamada de quantum de energia, que é expressa matematicamente pela equação:

$$E = h.\upsilon \qquad (4)$$

Já em 1905, Albert Einstein, pesquisando sobre o efeito fotoelétrico, fez a utilização da ideia de Planck sobre a quantização e propôs que a luz não somente é emitida na forma de quanta, mas também se propaga no espaço em quanta individuais. Cada quantum de luz, ou fóton, tem uma energia *E* dada por:

$$E = h.\upsilon = h.\frac{c}{\lambda} \qquad (5)$$

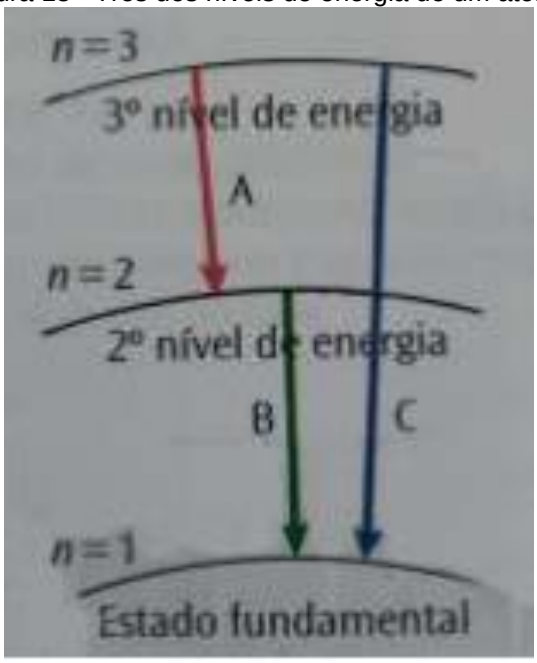
Onde temos que *h* é a constante de Planck, $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ j.s, υ é a frequência da luz, λ é o comprimento de onda e c é a velocidade da luz no vácuo da ordem de $3{,}0 \times 10^{8}$ m/s.

Em 1913 o físico dinamarquês Niels Henry David Bohr (1885-1962), dando continuidade aos trabalhos de Rutherford, propôs um modelo para o átomo mais simples, tendo como base não somente as teorias clássicas mais também

[12]Fonte: A RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO. Os Fundamentos da Física – Temas Especiais. Disponível em: <https://www.moderna.com.br/fundamentos/temas_especiais/radiacao_corpo_ negro.pdf>. Acessado em: 02 de Fev. de 2022.

as ideias de quantização de Planck e Einstein. Bohr postulou então que o elétron não irradiaria luz durante a sua aceleração em torno do núcleo, mas que essa irradiação ocorreria quando o elétron salta de um nível de energia mais alto para um mais baixo (Figura 13, HEWITT, 2011).

Figura 13 - Três dos níveis de energia de um átomo.



Fonte: Hewitt (2011, p. 576).

Para que pudesse explicar onde os modelos anteriores falharam, Bohr estabeleceu alguns postulados, conforme afirma Eisberg e Resnick (1979):

> 1° - Um elétron em um átomo se move em uma órbita circular em torno do núcleo sob influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica;
> 2° - Em vez da infinidade de órbitas que seriam possíveis segundo a mecânica clássica, um elétron só pode se mover em uma órbita na qual seu momento angular orbital L é um múltiplo inteiro de ħ (a constante de Planck dividida por 2π);
> 3° - Apesar de estar constantemente acelerado, um elétron que se move em uma dessas órbitas possíveis não emite radiação eletromagnética. Portanto sua energia total E permanece constante;
> 4° - É emitida radiação eletromagnética se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita de energia total E_i, muda seu movimento descontinuamente de forma a se mover em uma órbita de energia total E_f. A frequência da radiação emitida υ é igual à quantidade ($E_i – E_f$) dividida pela constante de Planck h.

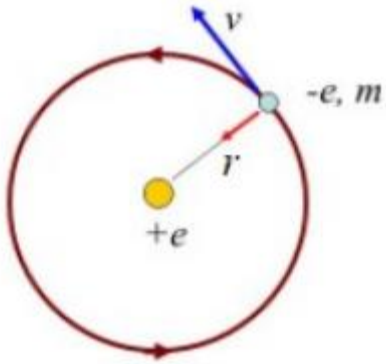
Assim, o elétron estaria no seu “estado fundamental”, onde ele apresenta seu nível mais baixo de energia, quando se encontra na órbita mais próxima do seu núcleo. Dessa forma, se o elétron ocupasse um nível mais alto em relação à

sua posição fundamental ele poderia “cair”, ou ocupar qualquer órbita mais próxima do núcleo (LONDERO, 2014, pg. 05).

Por outro lado, se os elétrons que compõem um átomo recebem energia ou colidem com outros elétrons, eles saltam para camadas mais superiores, entrando no que chamamos de estado excitado. Caso o elétron ceda energia, ele retorna para níveis mais internos, de modo que a “energia liberada sai em forma de quantum de luz ou fóton” (LONDERO, 2014, pg. 05).

Tomando o caso mais simples, que é o do átomo de hidrogênio, e fazendo analogia com o problema de Kepler para gravitação de dois corpos no caso particular de órbita circular, vamos assumiu um elétron orbitando em torno do núcleo do átomo de hidrogênio (Figura 14).

Figura 14 - Órbita circular de um só elétron em torno do núcleo.



Fonte: Aula-10 Mais Ondas de Matéria II[13].

Temos que, no caso em foco, considerando o próton em repouso, a força que atua no elétron é a força Coulombiana, dada em módulo por:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2}, (força\ coulumbiana) \qquad (6)$$

Para uma órbita circular, temos apenas a força coulombiana atuando, consequentemente a resultante é a força centrípeta, logo:

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{e^2}{r^2} = m\ \frac{v^2}{r} \qquad (7)$$

[13] Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/3721027/>. Acessado em: 29/07/2020.

Como a força é central, o torque é nulo e consequentemente o momento angular L é constante, assim temos:

$$L = mvr = constante \tag{8}$$

Conforme o segundo postulado imposta por Bohr, sobre a quantização do momento angular, podemos descrever que:

$$mvr = n\hbar, \quad n = 1, 2, 3, \ldots \tag{9}$$

Se isolarmos a velocidade v na equação (9), temos:

$$v = \frac{n\hbar}{mr} n\hbar, \quad n = 1, 2, 3, \ldots \tag{10}$$

Ao substituirmos a equação (10) em (7) e simplificando a equação resultante, obtemos os raios possíveis da seguinte forma:

$$r = 4\pi\varepsilon_0 \frac{n^2\hbar^2}{me^2}, \quad n = 1, 2, 3, \ldots \tag{11}$$

Temos que por consequência do segundo postulado de Bohr, a quantização do momento angular L restringe as possíveis órbitas circulares, como observado na equação (11).

Podemos calcular a energia total de um elétron atômico numa dada órbita possível. Para isso, define-se a energia potencial como sendo nula quando o elétron está infinitamente distante do núcleo. Assim, se integrarmos o trabalho realizado pela força coulombiana que atua de r até o ∞, teremos a energia potencial V a qualquer distância r:

$$V = -\int_r^{\infty} \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} dr = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r} \tag{12}$$

Podemos obter a energia cinética K usando a equação (7), conforme temos:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\, 2r} \qquad (13)$$

Logo, a energia total do elétron, *E*, é dada pela soma da energia potencial e energia cinética, que obtemos somando as equações (12) e (13), assim temos:

$$E = K + V = -\frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0\, 2r} = -K \qquad (14)$$

Substituindo na equação (14) a equação (11), obtemos a expressão da energia total do elétron, como segue:

$$E = -\frac{1}{n^2}\frac{me^4}{(4\pi\varepsilon_0)^2 2\hbar^2}\,, \qquad n = 1, 2, 3, \ldots \qquad (15)$$

Assim, “vemos que a quantização do momento angular orbital do elétron implica na quantização de sua energia total” (EISBERG e RESNICK, 1979, pg. 141).

3 A CIÊNCIA FORENSE

O lançamento nos últimos anos de inúmeros filmes e seriados televisivos, abordando a temática da investigação de crimes, onde são aplicadas tecnologias avançadas na resolução de crimes diversos, tem contribuído muito para o aumento na curiosidade sobre o que seria a Ciência Forense. Pois então, o que seria a Ciência forense? Segundo Silva (2020), a Ciência Forense é o conjunto de métodos e técnicas científicas aplicadas para a resolução de crimes. Já para Fachone e Velho (2007, pág. 153), a Ciência forense pode ser entendida como a “classificação dada aos esforços de geração e transferência de tecnologia e ciência com a finalidade de elucidar questões relativas ao âmbito do sistema de segurança pública e justiça criminal”.

Quando se iniciou a estruturação deste campo das ciências, os profissionais que desempenhavam as práticas forenses possuíam formação genérica (BARROS *et al*., 2021, pág. 56). À medida que os crimes foram se tornando mais complexos, devido à evolução da tecnologia e o seu uso por parte dos criminosos, tornou-se imprescindível que profissionais altamente

especializados nas mais diversas áreas da ciência, participassem dos trabalhos científicos com o intuito de tornar mais eficaz a investigação criminal.

Áreas da ciência como física, química, biologia, matemática, engenharia, medicina, toxicologia, entre outras, são envolvidas, no âmbito da ciência forense, de modo interdisciplinar, objetivando dá sustentação científica as investigações criminais, como nos diz Velho, Geiser e Espindula (2017):

> "É assim importante frisar que as Ciências Forenses são um grupo de diversas áreas que convergem em um mesmo fim. Não é uma ciência única e visa, em última instância, atender as demandas judiciais. Não se pode falar em uma estrutura ou método específico para as Ciências Forenses, visto que cada campo do conhecimento tem seus próprios métodos".

Dentre os mais diversos ramos das ciências forenses, como a química forense, toxicologia forense, biologia forense, genética forense, engenharia forense, fonética forense, entre muitas outras áreas (FACHONE; VELHO, 2007, pág. 153), onde podemos apontar também como uma delas a física forense.

3.1 FÍSICA FORENSE

Inúmeros casos de crimes, em que os vestígios deixados dependem de análises físicas ou necessitam de estudo de fenômenos físicos envolvidos, abrem campo de atuação para a área de física forense. Segundo Neto (2002, pág. 124):

> "Física Forense é a parte da Física destinada à observação, análise e interpretação dos fenômenos físicos - naturais - de interesse judiciário. Dentre estes se destacam os relativos aos acidentes de trânsito. Tais fenômenos podem ser vistos como parte da dinâmica dos corpos rígidos, sob certas condições, e assim têm sido tratados por especialistas na área".

Nesta mesma perspectiva, a literatura nos apresenta alguns tópicos de interesse em que a física pode ser aplicada em casos forenses, como em acidentes automobilísticos, trajetórias de projéteis, investigação de incêndio e explosão, identificação de materiais e métodos de imagem (CROSS, 2008, Pág. 1).

Casos de determinação de altura em ocorrências envolvendo queda de uma pessoa, sem uma testemunha que confirme a dinâmica do evento, foram objetos de estudo pelo físico Cross (2008) e publicação na revista American

Journal of Physics, através do trabalho intitulado “Forensic Physics 101: Falls from a height”. Outro trabalho relacionado a estudo de caso de queda de corpos, aplicado a física forense, foi publicado no Journal of Forensic Sciences, também por Cross (2006), este intitulado “Fatal Falls from a Height: Two Case Studies”. Em casos como os citados nestes trabalhos, os físicos forenses podem também valer-se da análise de vídeos que possam ter registrado um trecho da queda para a determinação da altura (SEGATTO, 2019, Pág. 1).

No campo do ensino de física, também verificamos alguns artigos que apresentam a temática forense para cálculo de velocidade de veículos e motocicletas envolvidos em acidentes de trânsito utilizando software para realização de análises. Gurgel et. al. (2015), ao falar do uso do software SCTA (Speed Calculations software for Traffic Accidents), diz que as investigações em ciência forense, tendo como tema gerador a mecânica dos acidentes de trânsito e devido à sua interface amigável, o SCTA pode ser utilizado como ferramenta auxiliar no ensino de física.

Em outra pesquisa publicada também na Revista Brasileira de Ensino de Física, o autor desenvolve uma metodologia, usando projeção de corpos, onde o “método físico proposto no presente trabalho é uma ferramenta alternativa que pode ser empregada no cálculo de velocidade de qualquer modelo de motocicleta” (MATINS et. Al., 2020, pág. 6) envolvida em acidentes de trânsito.

Em terminação de trajetórias balísticas, onde a posição do atirador e da vítima é importante em serem determinadas, também temos a aplicação e uso da física forense como fator de grande relevância nas análises de reconstrução de fatos físicos em criminalística[14] (ZÚÑIGA; MUÑETÓN, 2017, pág. 1).

Como verificamos, a mecânica clássica aplicada nos casos de criminalística é objeto de publicação em vários artigos científicos, inclusive na área de ensino de física. Neste contexto, optamos em fazer uma abordagem onde envolvemos a física moderna, no âmbito da mecânica quântica, aplicada na resolução de crimes.

[14] Disciplina que tem por objetivo o reconhecimento e interpretação dos indícios materiais extrínsecos relativos ao crime ou à identificação do criminoso. STUMVOLl, V. P. Criminalística. Disponível em:<https://www.editorajuspodivm.com.br/cdn/arquivos/1f373db51b0aea8e5358a82af1678684.pdf>. Acessado em: 21 de Fev. de 2022.

4 DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Este trabalho apresenta como proposta a utilização de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) que, segundo Moreira (2011), é uma sequência didática fundamentada, composta por etapas, que busca a promoção da aprendizagem significativa, visando alcançar o objetivo de favorecer a compreensão de conceitos de física moderna, através do estudo do Átomo de Bohr, níveis de energia e transições eletrônicas, para alunos do Ensino Médio, utilizando como ferramenta as ciências forenses.

No quadro a seguir são descritas, de forma resumida, as etapas envolvidas no desenvolvimento da UEPS, com seus respectivos objetivos e atividades realizadas. Cada etapa teve uma quantidade especifica de aulas, sendo cada hora/aula com uma duração de 50 minutos cada, totalizando 7 horas/aula.

Quadro 1– Resumo das etapas da UEPS.

ETAPAS DA UEPS				
ETAPAS	AULA	OBJETIVO	ATIVIDADE PROPOSTA	RECURSO INSTRUCIONAL
1º Passo	Aula 1	Definição dos tópicos específicos a serem abordados.	Apresentação da proposta de trabalho.	Aula expositiva com uso de recursos multimídia.
		Levantamento dos conhecimentos prévios sobre as Ciências Forenses.	Pré-teste1.	Questionário 1 (Apêndice A).
2º Passo	Aula 2	Levantamento dos conhecimentos prévios sobre Física.	Pré-teste 2.	Questionário 2 (Apêndice B).
3º Passo	Aula 3	Situação-problema inicial	Leitura de textos, exibição de vídeos e aplicação de um questionário.	Texto 01 (ANEXO I); Texto 02 (ANEXO II); Exibição do Vídeo 01 e do Vídeo 02; Aplicação do questionário 3 (Apêndice C).

4° Passo	Aula 4	Apresentação dos conceitos físicos	Exibição dos vídeos 03 e 04 e o simulador 01.	Apresentação dos Vídeos 03 e 04; Manipulação do Simulador 01; Aplicação do questionário 4 (Apêndice D)
5º Passo	Aula 5	Nova situação problema - Aprofundando os conhecimentos.	Revisão dos conceitos apresentados. Apresentação do vídeo 05 e do simulador 02.	Exposição oral com uso de recursos multimídia; Apresentação do vídeo 05; Uso do simulador 02; Aplicação de um questionário sobre o simulador (Apêndice E);
6° Passo	Aula 6	Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora	Exibição de vídeos e aplicação da atividade	Exibir os Vídeos 06, 07, 08 e 09; Aplicar o questionário disponível no Apêndice F.
7° Passo	Aula 7	Avaliação individual e da UEPS	Avaliação individual dos alunos; Avaliação da UEPS.	Aplicação da avaliação individual (Pós-teste) disponível no Apêndice G; Aplicação da avaliação da UEPS disponível no Apêndice H.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 DESENVOLVIMENTO AULA A AULA DA UEPS

4.1.1 1º Passo – Definição dos tópicos específicos a serem abordados, apresentação da pesquisa e levantamento dos conhecimentos prévios sobre ciências forenses.

Aula 1: Inicialmente, o professor deve apresentar aos alunos a proposta de trabalho que será desenvolvida com eles, informando tratar-se de uma sequência didática sobre tópicos de Física moderna com a aplicação das ciências forenses como ferramenta que favorece o processo de aprendizagem. Será importante criar uma atmosfera animadora e envolvente para os alunos, ressaltando a importância de se empenharem nas atividades e elevando as expectativas deles para as etapas subsequentes. No segundo momento, para fazer o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos em relação às ciências forenses, em especial sobre a utilização de luzes num local de crime e/ou laboratório forense, o professor aplicará o questionário inicial (pré-teste1) disponível no **APÊNDICE A** da dissertação. Esta etapa deve ser realizada em uma hora/aula.

Quadro 2 – Resumo da 1ª etapa da UEPS

1ª AULA 50 MINUTOS		**"O ENSINO DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DAS CIÊNCIAS FORENSES"** Objetivo Geral: Apresentar o trabalho a ser desenvolvido e levantar os conhecimentos prévios sobre as Ciências Forenses**.**	
ORGANIZAÇÃO		**METODOLOGIA**	**INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**
1º Momento	**15 minutos** Introdução	Saudação inicial do professor aos alunos. Em seguida, apresentação de alguns slides informando sobre a metodologia do trabalho, número de encontros, as atividades que serão desenvolvidas durante a sequência. É importante que o professor crie um ambiente motivador para os alunos acompanharem as aulas seguintes.	Não cabe.
2º Momento	**30 minutos** Pré-teste1	Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre as Ciências Forenses.	O professor disponibilizará um formulário com questões relacionadas às Ciências Forenses (Pré-teste1), disponível no **APÊNDICE A**.

3º Momento	**05 minutos** Final	Considerações finais da aula.	Não cabe.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.2 2º Passo – Situação inicial: Levantando os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos de física moderna.

Aula 2: Um segundo questionário, disponível no **APÊNDICE B** da dissertação, será aplicado para o levantamento dos subsunçores dos estudantes sobre os conceitos de física relativos aos modelos atômicos e interação luz-matéria. O professor deve fazer as anotações das questões que forem levantadas durante a aula e solicitar aos alunos que devolvam o questionário ao término do tempo para resposta. Esta etapa deve ser realizada em uma hora/aula.

Quadro 3 – Resumo da 2ª etapa da UEPS.

2ª AULA **50 MINUTOS**		**"O ENSINO DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DAS CIÊNCIAS FORENSES"** Objetivo Geral: Levantar os subsunçores dos estudantes sobre os conceitos de física relativos aos modelos atômicos e interação luz-matéria.	
ORGANIZAÇÃO		**METODOLOGIA**	**INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**
1º Momento	**10 minutos** Informes	Retomar o contexto da aula anterior e do projeto de pesquisa e passar algumas orientações básicas para a realização do Pré-teste 2, como tempo de duração, resposta questão-a-questão, etc.	Não cabe.
2º Momento	**30 minutos** Pré-teste 2	Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre modelos atômicos e interação luz-matéria.	O professor disponibilizará um formulário com questões relacionadas aos modelos atômicos e interação luz-matéria (Pré-teste 2), disponível no **APÊNDICE B.**

3º Momento	**10 minutos** Final	Considerações finais da aula.	Não cabe.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3 3º Passo – Situação-problema inicial.

Aula 3: Já de posse dos levantamento dos conhecimentos prévio dos alunos sobre as ciências forenses e também sobre os conceitos de física propostos para esse trabalho, o professor apresenta aos alunos o primeiro texto de contextualização “SÃO OSSOS HUMANOS OU NÃO?”, disponível no **ANEXO I**. Após os estudantes terem feito a leitura do texto, eles devem assistir ao vídeo (Figura 15) “Experimento com Luzes Forenses”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PybGqBH3csI>. Em seguida, o professor orienta os alunos para que façam a leitura do segundo texto de contextualização “DOCUMENTOS E CÉDULAS FALSAS OU NÃO?”, disponível no **ANEXO II**. Ao término da leitura do segundo texto, os estudantes devem assistir ao vídeo (Figura 16) “Polícia mostra como identifica documento e dinheiro falsos”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=q0yS9qp5lC4>. Ao final, o professor solicita os alunos que respondam o questionário disponível no **APÊNDICE C** da dissertação. Esta etapa deve ser realizada em uma hora/aula.

Figura 15 - Recortes do Vídeo: “Experimento com Luzes Forenses”.

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PybGqBH3csI>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Figura 16 - Recorte do Vídeo: “Polícia mostra como identifica documento e dinheiro falsos”.

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=q0yS9qp5lC4>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Quadro 4 – Resumo da 3ª etapa da UEPS.

3ª AULA **50 MINUTOS**		**“O ENSINO DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DAS CIÊNCIAS FORENSES”** Objetivo Geral: Apresentar aos alunos a situação-problema inicial.	
ORGANIZAÇÃO		**METODOLOGIA**	**INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**
1º Momento	**10 minutos** Texto 01	Apresentar aos alunos o texto de contextualização “SÃO OSSOS HUMANOS OU NÃO?” (ANEXO I), sobre Luzes Forenses.	Não cabe. Somente leitura dos alunos.
2º Momento	**10 minutos** Vídeo 01	Apresentar aos alunos o Vídeo 01, com duração de 06 minutos e 12 segundos, intitulado “Experimento com Luzes Forenses”, do canal “Química e Perícia”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PybGqBH3csI>.	Não cabe.
3º Momento	**10 minutos** Texto 02	Apresentar aos alunos o texto de contextualização “DOCUMENTOS E CÉDULAS FALSAS OU NÃO ?” (ANEXO II), sobre Luzes Forenses.	Não cabe. Somente leitura dos alunos.

4º Momento	**10 minutos** Vídeo 02	Apresentar aos alunos o Vídeo 02, com duração de 06 minutos e 57 segundos, intitulado “Polícia mostra como identifica documento e dinheiro falsos”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=q0yS9qp5lC4>.	Não cabe.
5º Momento	**10 minutos** Questões problema	Já de posse dos conhecimentos prévios dos alunos sobre as ciências forenses, e após a realização das atividades anteriores, o professor retoma o assunto das ciências forenses com as seguintes questões: • As ciências (física, química, biologia, entre outras) podem ser aplicadas na resolução de crimes? Explique. • Luzes de comprimento de onda (cores) diferentes podem ser usadas para detecção de vestígios em locais de crime e/ou em documentos falsos? Explique.	Respostas dos alunos levantadas através do formulário proposto no **APÊNDICE C**.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.4 4º Passo – Apresentação dos conceitos físicos

Aula 4: Nesta aula o professor introduz, buscando incialmente os aspectos mais gerais, os conceitos de física que serão aprendidos, sendo apresentado aos alunos um vídeo (Figura 17) que trata sobre o evolução dos modelos atômicos, de Dalton até Bohr, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY>.

Na sequência, com intuito de avançar para níveis mais específicos do conteúdo, o professor apresenta outro vídeo (Figura 18) onde se detalha o modelo de atômico de Borh, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E-9eRrg5oy4>. Ao término do vídeo, para

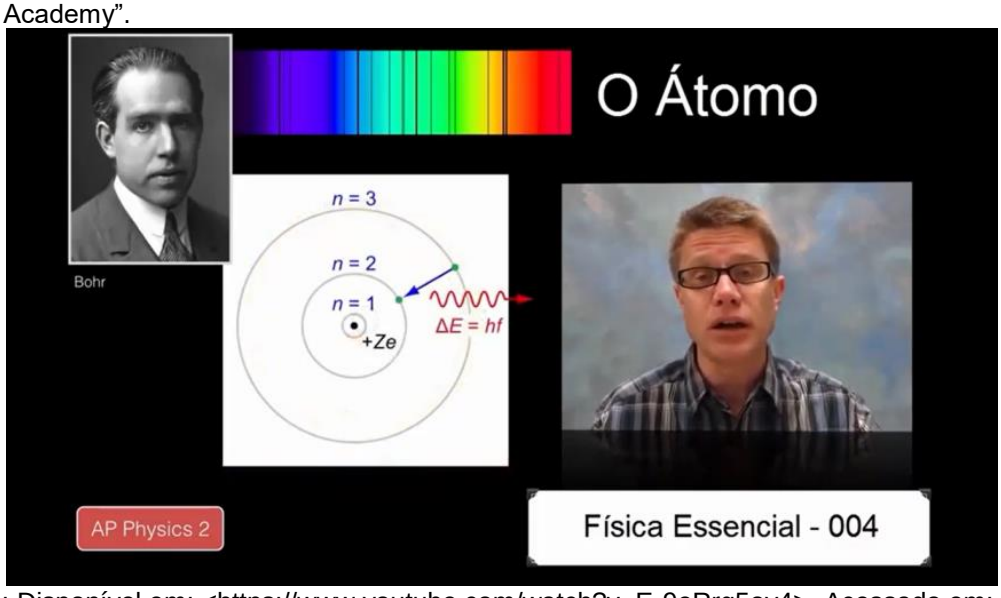
auxiliar na compreensão da construção dos modelos atômicos estudados, os alunos fazem uso de um simulador computacional (Figura 19), disponível em <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/hydrogen-atom/latest/hydrogen-atom.html?simulation=hydrogen-atom&locale=pt_BR>.

A etapa finaliza com a aplicação de um questionário contendo questões sobre o átomo de Bohr, disponível no **APÊNDICE D** da dissertação.

Figura 17 - Recorte do Vídeo: “Tudo se Transforma, História da Química, História dos Modelos Atômicos”.

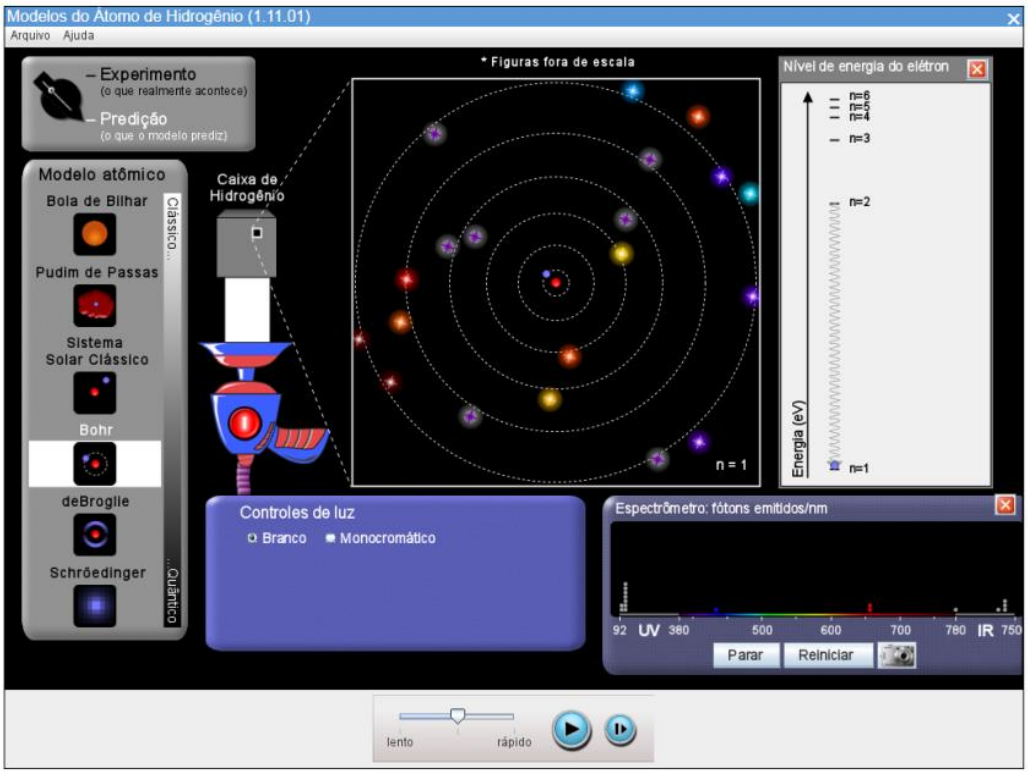
Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Figura 18 - Recorte do Vídeo: “O átomo de Bohr | Estrutura eletrônica de átomos | Química | Khan Academy”.



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E-9eRrg5oy4>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Figura 19 - Simulador Phet: Modelos do Átomo de Hidrogênio.



Fonte: Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/hydrogen-atom/latest/hydrogen-atom.html?simulation=hydrogen-atom&locale=pt_BR>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Quadro 5 – Resumo da 4ª etapa da UEPS.

4ª AULA **50 MINUTOS**		**“O ENSINO DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DAS CIÊNCIAS FORENSES”** Objetivo Geral: Apresentar aos alunos a evolução dos modelos atômicos, com foco no modelo atômico de Bohr.	
ORGANIZAÇÃO		**METODOLOGIA**	**INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**
1º Momento	**15 minutos** Vídeo 03	Apresentar aos alunos o vídeo 03, somente os primeiros 11 minutos e 07 segundos, intitulado “Tudo se Transforma, História da Química, História dos Modelos Atômicos”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY>.	Não cabe.
2º Mo	**10 minutos** Vídeo 04	Apresentar aos alunos o vídeo 04, com duração de 06 minutos e 12 segundos,	Não cabe.

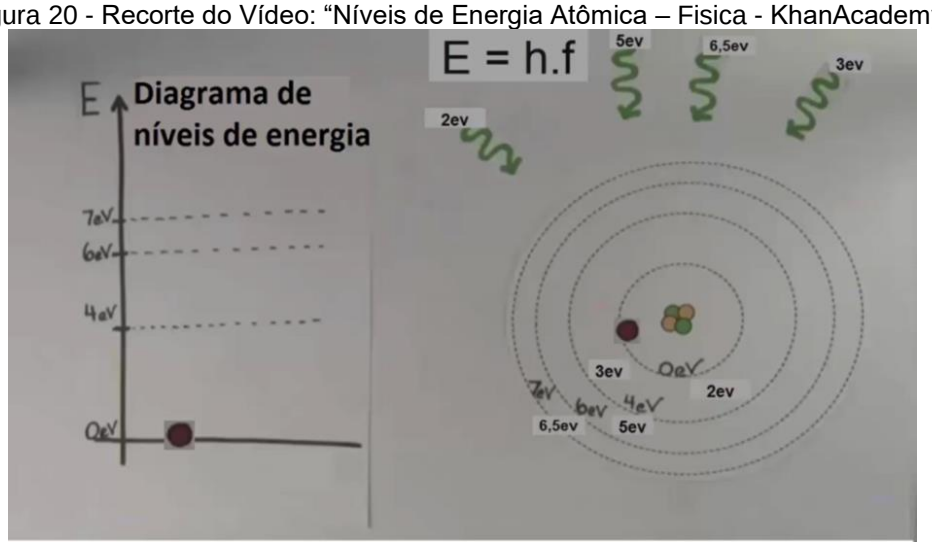
mento		intitulado “O átomo de Bohr/ Estrutura eletrônica de átomos/ Química/ Khan Academy”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E-9eRrg5oy4>.	
3º Momento	**15 minutos** Simulador 01	O professor solicitará que os alunos interajam com o simulador 01 sobre modelos atômicos, disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/hydrogen-atom/latest/hydrogen-atom.html?simulation=hydrogen-atom&locale=pt_BR>.	Não cabe.
4º Momento	**20 minutos** Questões	O professor disponibilizará um formulário, para ser respondido pelos alunos, contendo questões sobre o conteúdo apresentado até o momento da sequência.	Responder as questões do Formulário disponível no **APÊNDICE D**.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.5 5º Passo – Aprofundando os conhecimentos

Aula 5: Nesta etapa da SD o Professor vai buscar retomar os conceitos que foram estudados nas aulas anteriores pelos alunos, promovendo um aprofundamento, a um nível um pouco mais complexo, dos conteúdos apresentados nas etapas anteriores. Para isso, será apresentado inicialmente aos alunos o vídeo (Figura 20) intitulado “Níveis de Energia Atômica|Fisica|Khan Academy”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=pAVnxDz_d0g>, com duração de 08 minutos e 22 segundos, sobre transições eletrônicas e níveis de energia, onde deve ser dada ênfase aos processos de absorção e emissão de energia, bem como ao papel dos fótons.

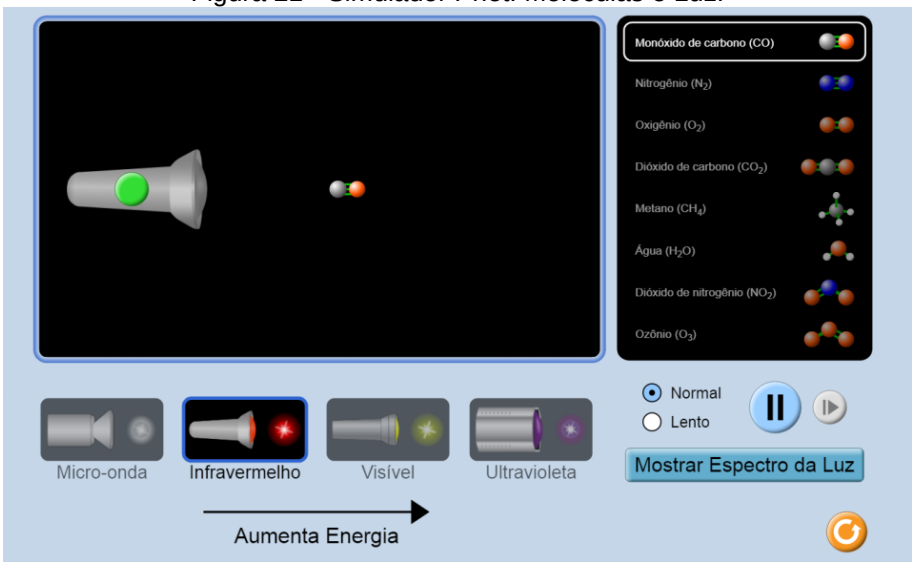
Figura 20 - Recorte do Vídeo: “Níveis de Energia Atômica – Fisica - KhanAcademy”.



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pAVnxDz_d0g>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Após a apresentação do vídeo, o professor orienta os alunos a interagirem com um simulador computacional (Figura 21), disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html>, onde eles podem observar a interação luz-matéria entre algumas moléculas e luzes de frequências distintas. Esta etapa é concluída com a aplicação de um questionário abordando a utilização do simulador, disponível no **APÊNDICE E** da dissertação. Esta etapa deve ser realizada em uma hora/aula.

Figura 21 - Simulador Phet: Moléculas e Luz.



Fonte: Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

Quadro 6 – Resumo da 5ª etapa da UEPS.

5ª AULA **50 MINUTOS**		**“O ENSINO DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DAS CIÊNCIAS FORENSES”** Objetivo Geral: Apresentar aos alunos uma nova situação-problema, em um nível mais complexo, trazendo o tema das transições eletrônicas e níveis de energia, enfatizando os processos de absorção e emissão de energia, bem como o papel dos fótons.	
ORGANIZAÇÃO		**METODOLOGIA**	**INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**
1º Momento	**10 minutos**	O professor faz uma pequena recapitulação dos conceitos apresentados nas aulas anteriores.	Não cabe.
2º Momento	**10 minutos** Vídeo 05	Apresentar aos alunos o vídeo 05, com duração de 08 minutos e 22 segundos, intitulado “Níveis de Energia Atômica|Fisica|Khan Academy”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=pAVnxDz_d0g>.	Não cabe.
3º Momento	**30 minutos** Simulador 02	O professor solicitará que os alunos interajam com o simulador disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/molecules-and-light/latest/molecules-and-light_pt_BR.html>.	Responder a questão sobre o simulador 02 (**APÊNDICE E**)

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.6 6º Passo – Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora

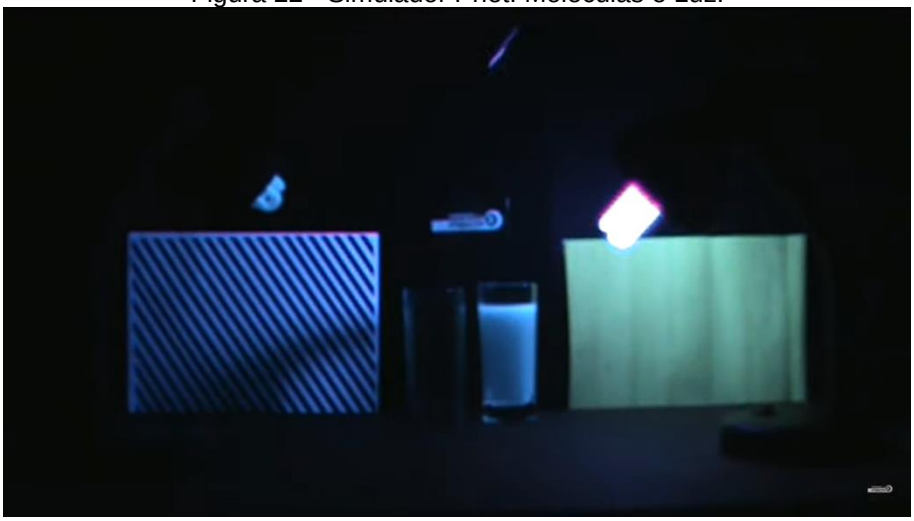
Aula 6: Tendo como objetivo a promoção dos processos de reconciliação integrativa e da diferenciação progressiva, nesta aula o professor retomará a apresentação dos conceitos estudados nas aulas anteriores. Fará a exibição de um vídeo (Figura 22), com duração e 05 minutos e 48 segundos, sobre os fenômenos da Luminescência, nos casos de Fluorescência e Fosforescência, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E7myRTmV_Pk>.

Na sequência, o professor apresenta para os alunos outro vídeo (Figura 23), com duração de 06 minutos e 02 segundos, sobre o fenômeno físico envolvido no processo de iluminação das lâmpadas fluorescentes, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BxsPlPrUID8>.

Já o fenômeno de *quimioluminescência*[15] será apresentado pelo professor com a exibição de dois trechos do seriado CSI, onde o fenômeno foi usado para detecção de sangue num objeto utilizado num crime, na ordem: Vídeo 08 (Figura 24), com duração de 01 minuto e 02 segundos, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=g9UYZYTteP4>; e o Vídeo 09 (Figura 25), com duração de 29 segundos, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=fozXV3xMQ-w>. Deve ser feito pelo professor a associação do fenômeno visto com as ciências forenses, pois são amplamente observados nos laboratórios de criminalística e assistidos nos seriados de TV sobre investigação criminal.

Após a exibição dos vídeos, solicitar aos alunos que respondam a questão disponível no **APÊNDICE F** da dissertação. Esta etapa deve ser realizada em uma hora/aula.

Figura 22 - Simulador Phet: Moléculas e Luz.



Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E7myRTmV_Pk>. Acessado em: 30 de Jun de 2020 às 17h00.

[15] A quimiluminescência consiste na produção de luz a partir de uma reação química. Disponível em: https://www.scienceinschool.org/pt-pt/article/2011/chemiluminescence-pt-pt/. Acessado em: 02 de Fev. de 2022.

Figura 23 - Recorte do Vídeo: “COMO FUNCIONA A LÂMPADA FLUORESCENTE?”.

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=BxsPlPrUID8>. Acessado em: 01 de Jul de 2020 às 15h30.

Figura 24 - Recorte do Vídeo: “CSI 1T E21 Efeito Luminol”.

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=g9UYZYTteP4>. Acessado em: 01 de Jul de 2020 às 15h30.

Figura 25 - Recorte do Vídeo: “CSI 3T EP15 Efeito LuminolAgain”.

Fonte: Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=fozXV3xMQ-w>. Acessado em: 01 de Jul de 2020 às 15h30.

Quadro 7 – Resumo da 6ª etapa da UEPS.

6ª AULA **50 MINUTOS**		**“O ENSINO DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DAS CIÊNCIAS FORENSES”** Objetivo Geral: Retomar os conceitos apresentados nas aulas anteriores em nível mais alto de complexidade.	
ORGANIZAÇÃO		**METODOLOGIA**	**INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**
1º Momento	**20 minutos** Vídeos 06 e 07	Apresentar aos alunos o Vídeo 06, intitulado “Mago da Física - Fontes de Luz: Fluorescência x Fosforescência”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=E7myRTmV_Pk> (apenas os 04 minutos e 10 segundos iniciais) e, na sequência, o Vídeo 07, com duração de 06 minutos e 02 segundos, intitulado “Como funciona a lâmpada fluorescente?”, disponível em: < https://www.youtube.com/watch?v=BxsPlPrUID8>.	Não cabe.
2º Momento	**05 minutos** Vídeo 08 e 09	Apresentar aos alunos o Vídeo 08, com duração de 01 minuto e 02 segundos, intitulados “CSI 1T E21 Efeito Luminol”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=g9UYZYTteP4>, e o Vídeo 09, com duração de 29 segundos, intitulado “CSI 3T EP15 Efeito Luminol Again”, disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=fozXV3xMQ-w>.	Não cabe.
3º Momento	**25 minutos** Questão	O professor disponibilizará um formulário para ser respondido pelos alunos com uma questão relacionada ao fenômeno de Luminescência.	Formulário disponível no **APÊNDICE F** para que seja respondido pelos alunos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.7 7º Passo – Avaliação somativa individual e Avaliação da UEPS

Aula 7: O professor deve informar os alunos previamente da avaliação individual de aprendizagem, pós-teste, que será aplicada nesse momento da sequência. O teste final deverá ser resolvido individualmente e sem consulta. As questões presentes na avaliação individual tem o objetivo de verificar a aquisição dos conceitos, apresentados e desenvolvidos nas etapas anteriores da sequência, sobre o modelo atômico de Bohr, níveis de energia, transições eletrônicas e quantização da energia, associado às ciências forenses, num contexto de investigação criminal. A avaliação individual encontra-se disponível **no Apêndice G** da dissertação.

Como parte final da sequência, tendo como objetivo neste ponto desta etapa realizar a avaliação do UEPS pelos alunos, o professor deve realizar a aplicação do questionário, disponível no **Apêndice H** da dissertação. Esta etapa deve ser realizada em uma hora/aula.

Quadro 8 – Resumo da 7ª etapa da UEPS.

7ª AULA **50 MINUTOS**		**"O ENSINO DE FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DAS CIÊNCIAS FORENSES"** Objetivo Geral: Avalição individual dos alunos e da UEPS.	
ORGANIZAÇÃO		**METODOLOGIA**	**INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS**
1º Momento	**35 minutos**	Avalição individual dos alunos (Pós-teste).	Aplicar a avaliação (Pós-teste) disponível no APÊNDICE G.
2º Momento	**15 minutos**	Avalição individual da UEPS.	Aplicar a avaliação da UEPS disponível no Apêndice H.

Fonte: Elaborado pelo autor

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, F. et. al. **CIÊNCIAS FORENSES**: princípios éticos e vieses. Revista Bioética, vol.29 no.1 Brasília Jan./Mar. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bioet/a/GYNrWJgbtfwQskD5TR7dCGN/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

CROSS, R. **FATAL FALLS FROM A HEIGHT**: Two Case Studies. Journal of Forensic Sciences, January 2006, Vol. 51, No. 1. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1556-4029.2005.00026.x>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

CROSS, R. **FORENSIC PHYSICS 101**: Falls from a height. American Journal of Physics 76, 833 (2008). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1119/1.2919736>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

EISBERG, R.; RESNICK, R. **FÍSICA QUÂNTICA**: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. 17ª Tiragem. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, 1979.

FACHONE, P.; Velho, L. **CIÊNCIA FORENSE**: interseção justiça, ciência e tecnologia Tecnologia e Sociedade, vol. 3, núm. 4, enero-junio, 2007, pp. 139-161 Universidade Tecnológica Federal do Paraná Curitiba, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4966/496650323008.pdf>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. **Astronomia e Astrofísica**. Departamento de Astronomia - Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

GURGEL, W. P. et al. **CÁLCULO DE VELOCIDADES EM ACIDENTES DE TRÂNSITO**: Um software para investigação em física forense. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4305, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/4njbdVfWTZxNHZwRJYh5mwv/?lang=pt>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

HEWITT, Paul G. **FÍSICA CONCEITUAL**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/n0nxx8>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

LONDERO, L. **O MODELO ATÔMICO DE BOHR E AS ABORDAGENS PARA SEU ENSINO NA ESCOLA MÉDIA**. GÓNDOLA, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias, ISSN: 2346-4712 Volumen 9, número 1, enero-junio de 2014, p. 13-37. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7531136.pdf. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

LOPES, B. E. R. & GOMES, B. M. (2018). **DOS FILÓSOFOS GREGOS À BOHR**: UMA REVISÃO HISTÓRICA SOBRE A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICO. Revista Ifes Ciência , 4(2), 122-139. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/349/311>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

LOPES, C. V. M. **MODELOS ATÔMICOS NO INÍCIO DO SÉCULO XX:** da física clássica à introdução da teoria quântica. São Paulo: PUC 2009. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78156/000822650.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

MARTINS, M. J. R. et. al. **Método de cálculo de velocidade de motocicleta com base na distância de projeção do motociclista.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, e20200219, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/9MG7RHHWGQqyXSXSZNfxtBd/?lang=pt>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

MOREIRA, M.A. **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS**. Aprendizagem Significativa em Revista. v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/?go=artigos&idEdicao=2>. Acesso em: 19 Jun. 2020.

NETO, O. N. **Soluções Eletrônicas para Cálculos de Velocidade em Acidentes de Trânsito**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, no. 2, Junho, 2002. Pág. 124-128. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/VkX7HF8dGs3VQj6N5FDWS8H/?format=pdf&lang=pt>. Acessado em 20 de Fev. de 2022.

NUSSENZVEIG, H. M. **CURSO DE FÍSICA BÁSICA**: Ótica, Relatividade e Física Quântica. 1ª Edição. São Paulo-SP: Editora Edgard Blucher LTDA, 1998.

OLIVEIRA, O. A.; FERNANDES, J. D. **ARQUITETURA ATÔMICA E MOLECULAR**: Evolução dos modelos atômicos de Leucipo a Rutherford. Natal (RN), EDUFRN – Editora da UFRN, 2006. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/denilsonmaia/evolucao-dos-modelos-atomicos>. Acessado em: 13 de Fev. de 2022.

PIRES, A. S. T.; CARVALHO, R. P. **POR DENTRO DO ÁTOMO:** física de partículas para leigos. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

SEGATTO, B.R. **Cuidados na elaboração de laudos periciais envolvendo vítimas fatais de queda de alturas usando o Tracker**. Revista Brasileira de Criminalística, v. 8, n. 1, p. 31-34, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15260/rbc.v0i0.00>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

SILVA, G. **O QUE É CIÊNCIA FORENSE?** Educamaisbrasil, 30 de Set. de 2020. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/educacao/carreira/o-que-e-ciencia-forense>. Acessado em 20 de Fev. de 2022.

VELHO, J.A., GEISER, G.C., & ESPINDULA, A. **CIÊNCIAS FORENSES** – uma introdução às principais áreas da Criminalística Moderna. 3ª Edição. Millennium Editora, 2017. Disponível em: <https://www.cienciasforenses.org.br/?page_id=333>. Acessado em: 20 de Fev. de 2022.

ZÚÑIGA, V. T.; MUÑETÓN, J.G. B. **Cálculo de la distancia máxima que justifica utilizar el modelo lineal en una reconstrucción de trayectoria balística**. Revista Brasileira de Criminalística, 6(3), 7-12, 2017. Disponível em: <https://revista.rbc.org.br/index.php/rbc/article/view/183>. Acessado em: 21 de Fev. de 2022.

ANEXO I

SÃO OSSOS HUMANOS OU NÃO?

Mais um dia de trabalho que parecia tranquilo, mais eis que ao anoitecer, a equipe de peritos criminais que se encontrava de serviço na base do Departamento de Criminalística, é acionada pelo centro integrado operacional de defesa social – CIODES para uma ocorrência numa certa região da Grande Vitória. Durante o deslocamento, a equipe de peritos foi recebendo as informações existentes sobre a ocorrência através do CIODES, que informou tratar-se de um encontro de alguns pedaços de ossos, semelhantes a ossos humanos num terreno baldio.

Quando a equipe chegou ao local informado pela central, já tinham policiais militares preservando a cenário. Iniciando os trabalhos, os peritos perceberam que existia muito entulho de demolição, resto de obra, madeira e pedaços de pedra revirados, o que dificultava ainda mais a identificação dos vestígios de material biológico, no caso informado, ossos, pois se confundiam com o entulho, além da pouquíssima luminosidade do terreno.

Para poderem consegui visualizar e diferenciar os fragmentos de ossos de outros materiais presentes no local, os peritos utilizaram-se de recursos técnicos, empregando luzes especiais que permitiram com que eles encontrassem especificamente os ossos presentes no local. Após recolherem os vestígios encontrados, os peritos levaram estes materiais para serem periciados em outros laboratórios para se determinar se são ossos humanos ou não.

ANEXO II

DOCUMENTOS OU CÉDULAS FALSAS OU NÃO?

Infelizmente em nossa sociedade somos ainda surpreendidos por inúmeros casos em que criminosos utilizam-se de fraudes em documentos, como falsificação de cédulas de identidade, cadastros de pessoa física, passaportes, carteiras funcionais e certidões.

Os peritos criminais, responsáveis pela análise dos vestígios deixados quando um crime é cometido, receberam no laboratório de documentoscopia forense carteira de identidade e algumas cédulas de reais apreendidas pela polícia numa operação na residência de uma pessoa acusada de realizar fraudes no comércio usando-se esses materiais suspeitos de serem falsificados.

Os documentos de identidade, bem como as cédulas apreendidas, foram submetidos pelos peritos criminais a luzes de comprimento de onda específico, que permitirá que eles possam visualizar, ou não, os itens de segurança presentes em documentos originais.