

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE**  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física  
Polo 10 IFRN – Campus Natal Central

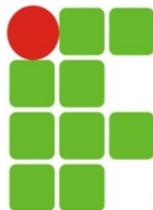


**SPECTRUM: DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA SELF-LEARNING  
PARA ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO.**

**LUDNILSON ANTÔNIO DE JESUS PEREIRA**

Natal, RN

Dezembro de 2017



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA  
E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE**  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física  
Polo 10 IFRN – Campus Natal Central



**SPECTRUM: DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA SELF-LEARNING  
PARA ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO.**

**LUDNILSON ANTÔNIO DE JESUS PEREIRA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Jacques Cousteau da Silva Borges, DSc

Natal, RN

Dezembro de 2017

P436s Pereira, Ludnilson Antônio de Jesus.  
Spectrum : Desenvolvimento de uma plataforma self-learning para ensino experimental de física no ensino médio / Ludnilson Antônio de Jesus Pereira. – 2016.  
70 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.  
Orientador(a): Prof. Dr. Jacques Causteau da Silva Borges.

1. Ensino da física – Self-learning. 2. Física moderna. 3. Física contemporânea. 4. Espectroscopia. I. Borges, Jacques Causteau da Silva. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 53:373.5

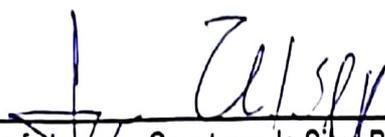
Catálogo na Publicação elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca Setorial Walfredo Brasil (BSWB) do IFRN.

SPECTRUM: DESENVOLVIMENTO DE UMA PLATAFORMA SELF-LEARNING  
PARA ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO.

LUDNILSON ANTÔNIO DE JESUS PEREIRA

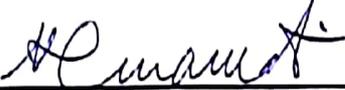
Dissertação de mestrado apresentada ao  
Mestrado Profissional em Ensino de Física,  
no Curso de Mestrado Nacional Profissional  
de Ensino de Física (MNPEF), como parte  
dos requisitos necessários à obtenção do  
título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 15/12/2017, por:



---

Prof. Jacques Cousteau da Silva Borges  
Campus Natal Central, IFRN  
Presidente



---

Prof. Mikiya Muramatsu  
Instituto de Física USP  
Examinador Externo



---

Prof. Samuel Rodrigues Gomes Junior  
Campus Natal Central, IFRN  
Examinador Interno

Natal, RN

Dezembro de 2017

Dedico esta dissertação ao meu irmão Joca.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço sobretudo à Deus que, em sua onipresença, onisciência e onipotência, desde sempre, vem me dando provas visíveis de que esta ao meu lado, conduzindo-me pelos caminhos da justiça, honradez e do bem; ainda que em meus momentos de tropeços e tristezas.

À minha mãe, Celeste, que, embora todas as dificuldades, sempre esteve a meu lado e me quis o melhor. Grande financiadora da minha trajetória e suporte para tudo o que quis fazer durante esses anos.

Ao meu irmão, Rud, minha alma gêmea. Ao meu sobrinho amado, Caio e à minha cunhada querida, Caroline.

Ao meu irmão Junior que, desde sua mudança para Natal, mostrou-me novamente a importância do "ser irmão". Parceiro em todos os projetos, trajetórias, momentos difíceis, tristezas e alegrias. À minha cunhada Livia, por toda a ajuda.

A todos os meus amigos e companheiros do mestrado, em especial: Felipe, Rhodriggo e Naomi.

Ao meu amado tio, Tuniquinho e à minha tia Lucília.

À minha melhor amiga, Rafaela Medeiros.

À minha bonequinha, Vovó Carmem e ao meu avô Antônio (*in memoriam*).

Às tias Isaurina (*in memoriam*), Norma, aos tios Rubinho e Ney (*in memoriam*) e aos primos Neyzinho e Márcia.

À minha tia amada Dibel. Ao meu primo Rafael, e às primas Cíntia e Júlia, pelo amor e boas intenções.

À minha querida, Maria Claudia e sua família.

Ao amigo Alcindo, por todas as orientações e ensinamentos.

À minha mãe Geneci, principal referência e mentora do meu ser professor.

Ao meu amigo e parceiro Alexandre Barros, por todo apoio e boas intenções.

Ao IFRN, por ser a casa em que edifiquei este trabalho, bem como toda minha experiência docente. Em especial a todos os amigos do Campus Canguaretama.

Aos amigos professores Olímpio, Felipão, Caião, Xandão, Aldayr, Miguel, Bruno Maggi, Maurisete, Bira, Melissa, Andreia, Renata, Ana Neri, Flávio, Chicão, Jorge, Alberto, Eberton, Alisson, Luis Eugênio, Vinicius, Bruno Gomes e Anibal.

À todos os amigos do CrossFit, válvula de escape nos momentos mais difíceis.

Em especial: Marquinhos, Thiago, Helo, Fabi e Jose.

Ao meu orientador e amigo, Jacques Cousteau, por toda a paciência, companheirismo, orientações e ensinamentos.

Aos meus sobrinhos (as) Guga, Dudu, Sara e Lelê.

Aos meus tios, Ronaldo (*in memoriam*), Roberto e Riba.

Ao meu padrinho e à minha madrinha Ruyzinho e Ana.

Aos tios Ruy e Teresinha (*in memoriam*). À Maria.

Ao meu tios Ricardo, tia Sandra e primo Bruno.

Aos meus amigos e camaradas Paulinho e Arariman.

Aos meu amigos Alexandre, William, Wasthenny, Lenilson, Luis Otávio, Frank e demais amigos da turma de Licenciatura 2008 2.601.

Aos amigos Waltomir, Zeta, Helena, Marinalva, Seu Mário e família, Mario Márcio, Vinícius, Babinho, Rafael, Jeane, Seu Ney e aos muitos outros amigos aqui não citados. Obrigado pelos incentivos e orações. Todos estão no coração!

À minha Vó Reny e meu avô Ribamar.

Ao Professor Zanoni Tadeu. Grande responsável por minha motivação e apreço pelos projetos em ensino de física. Amigo que me fez enxergar sentido, utilidade e relevância nos estudos e pesquisas em Ensino.

À todos os professores do MNPEF e aos colaboradores dessa dissertação.

Ao meu filho amado BALOO.

Ao meu herói! Tudo isso é por você, sempre foi, sempre vai ser. Hei de honrá-lo eternamente!

## RESUMO

Ganhos de aprendizagem em Física têm sido reportados advindos da inserção de dispositivos tecnológicos móveis (“mobile devices”), especialmente tablete-PCs e smartphones, em articulação com novas propostas de ensino. A chamada “Autoaprendizagem”, com as devidas justificativas pedagógicas, constitui um estilo de aprendizagem autoguiado e instruído, centrado no aluno como agente de sua aprendizagem. A consonância e complementariedade destas estratégias pedagógicas vêm providenciando novos e significantes potenciais para a educação em física, em particular com as práticas experimentais auto conduzidas. O foco, no entanto, das literaturas na área mostra-se na construção, cada vez mais refinada, de laboratórios virtuais, softwares simuladores ou setups de experiências reais remotamente comandados via web (“remote labs”). As pesquisas, em sua maioria, são direcionadas ao ensino superior de ciências e engenharia. Embora haja diversos benefícios à acessibilidade e multiplicidade da prática do trabalho experimental, pesquisas apontam para limitações das ferramentas virtuais existentes (falta de realismo nas imagens e movimentos, limitações de transmissão via Internet, recursos de terceira dimensão, dentre outros). Além disso, alguns assuntos específicos em física, como tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), por exemplo, ainda figuram pouco ou inexplorados no Ensino Médio. Laboratórios específicos, por sua vez, nesta área são extremamente escassos e de elevado custo. No sentido, pois, de se triangular a versatilidade e contribuições advindas dos dispositivos móveis para um ensino e aprendizagem autoguiado e baseado em práticas experimentais, esta pesquisa se mostra no intuito de propor e aplicar uma proposta didática utilizada para abordagem teórico experimental de tópicos de física moderna, por intermédio de um software aplicativo, pensado para tablet-Pcs, atuando como um roteiro experimental interativo e multimídia. Da aplicação, pôde-se avaliar contribuições significativas para os discentes em termos de motivação, autonomia e facilidade de execução de práticas experimentais em processos de ensino e aprendizagem assessorados por esta ferramenta.

**Palavras-chaves:** Self-learning, Física Moderna e Contemporânea, Dispositivos Móveis, Física Experimental.

## ABSTRACT

Learning gains in Physics have been reported from the insertion of mobile mobile devices, especially tablet-PCs and smartphones, in conjunction with new teaching proposals. The self-learning, with appropriate pedagogical justifications, shows up a self-guided and instructed learning style, centered on the student as an agent of his learning. The consonance and complementarity of those pedagogical strategy have been providing the development of new and significant contribuces for the education in physics, inserting the self-guided experimental practices on learning and teaching process. The focus, however, of the literatures in the area is concentrated in the increasingly refined construction of virtual laboratories, simulation softwares or configurations of labs remotely commanded via the web (remote labs). Researches, in general, are directed toward higher education in science and engineering. Although there are several benefits to the accessibility and multiplicity of the experimental practices, researches point to limitations of existing virtual tools (lack of realism in images and movements, limitations of Internet transmission, 3D resources, and others). In addition, some subjects specifics in physics, such as topics of Modern and Contemporary Physics (MCP), for example, still figure little or unexplored on high school level. A Modern Physics Specific lab, however, is extremely scarce and costly. In order to triangulate the versatility and contributions of mobile devices for self - guided teaching and learning process and based in experimental practices, this research shows up in the intention to propose and apply a didactic proposal used for an experimental and theoretical approach of modern physics topics, through an application software, thought for tablet-Pcs, acting as an interactive and multimedia experimental guide. Based on application of the didact proposal, it was possible to evaluate significant contributions for students in terms of motivation, autonomy and facility of execution and access on teaching and learning processes intermediated by this tool.

**Keywords:** Self-learning, Modern and Contemporary Physics, Spectroscopy, Experimental Physics.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	<i>Objetivo Geral</i>	13
1.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	13
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>16</b>
2.1	O ENSINO DA FÍSICA MODERNA	16
2.2	O ENSINO EXPERIMENTAL DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA	18
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>22</b>
3.1	OS TIPOS DE LABORATÓRIOS E SEUS OBJETIVOS	22
3.2	O USO DE TABLET-PCS E DISPOSITIVOS MOBILE NO ENSINO	27
<b>4</b>	<b>O PRODUTO EDUCACIONAL: SPECTRUM AULA INTERATIVA</b>	<b>32</b>
4.1	APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	32
<b>5</b>	<b>O PERCURSO METODOLÓGICO</b>	<b>38</b>
5.1	O CONTEXTO DA PESQUISA	39
5.2	A AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	41
5.3	APLICAÇÃO DO APLICATIVO SPECTRUM – AULA INTERATIVA	51
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – SIMULADOR PHET .....	27
FIGURA 2 – EXEMPLO DE UMA INTERFACE DE LABORATÓRIO REMOTO .....	28
FIGURA 3 - SERVIDOR BACKENDLES .....	30
FIGURA 4 - LOGIN NO SISTEMA .....	31
FIGURA 5 - AULA TEÓRICA .....	32
FIGURA 6 - AULA PRÁTICA .....	32
FIGURA 7 - <i>AGENDAMENTO DE AULA PRÁTICA</i> .....	33
FIGURA 8 - PERGUNTA E RESPOSTA COM IMAGEM NA AULA PRÁTICA .....	33
FIGURA 9 - PERGUNTA E RESPOSTA COM ÁUDIO NA AULA PRÁTICA .....	34
FIGURA 10 – ARQUIVOS RECEBIDOS PELO PROFESSOR, ENVIADOS PELO APP AO TERMINO DA AULA .....	35
FIGURA 11 – FLUXOGRAMA DA IMPLEMENTAÇÃO DO PRODUTO .....	37
FIGURA 12 – TRABALHO APRESENTADO NO 2ND WCPE .....	37
FIGURA 13 - CONCEPÇÃO DOS DISCENTES SOBRE MODELOS ATÔMICOS .....	42
FIGURA 14 – RESULTADOS DA QUESTÃO 3 .....	43
FIGURA 15 - RESULTADOS DA QUESTÃO 5 .....	44
FIGURA 16 - RESULTADOS DA QUESTÃO 6 .....	44
FIGURA 17 - RESULTADOS DA QUESTÃO 7 .....	45
FIGURA 18 - RESULTADOS DA QUESTÃO 8 .....	45
FIGURA 19 - RESULTADOS DA QUESTÃO 9 .....	46
FIGURA 20 - RESULTADOS DA QUESTÃO 10 .....	46
FIGURA 21 - RESULTADOS DA QUESTÃO 11 .....	47
FIGURA 22 - RESULTADOS DA QUESTÃO 12 .....	47
FIGURA 23 – TELA DO APLICATIVO SPECTRUM NA LOJA VIRTUAL GOOGLEPLAY .....	48
FIGURA 24 – RECORTES DE PARTES DA AULA TEÓRICA NO APLICATIVO .....	49
FIGURA 25 – IMAGEM DO EXPERIMENTO OBTIDA ATRAVÉS DA REDE DE DIFRAÇÃO .....	51
FIGURA 26 – IMAGENS DO ESPECTRO CONTÍNUO DE LÂMPADA FLORESCENTE E DO SOL ...	52
FIGURA 27 – ALUNOS OBTENDO AS IMAGENS DO ESPECTRO DA LÂMPADA FLORESCENTE	52
FIGURA 28 – EXPERIMENTO PHYWE DE ESPECTROS ATÔMICOS E SÉRIE DE PALMER .....	53
FIGURA 29 – FONTE DE ALTA TENSÃO UTILIZADA .....	54

FIGURA 30 – ALUNOS UTILIZANDO O APLICATIVO DURANTE A SEGUNDA OBSERVAÇÃO ...	54
FIGURA 31 – ALGUMAS IMAGENS OBTIDAS PELOS ESTUDANTES.....	55
FIGURA 32 – DEMONSTRAÇÃO DO USO DO APLICATIVO PARA ALUNOS DO ÚLTIMO PERÍODO DA LICENCIATURA EM FÍSICA .....	57

# 1 INTRODUÇÃO

Rotineiramente, o uso de dispositivos eletrônicos pessoais móveis, tal como smartphones e tablets, figura realidade cada vez mais indissociável do cotidiano de nossa sociedade. A popularização dos chamados *dispositivos móveis*, que já representam a maioria dos sistemas computadorizados modernos, possibilitou a seus usuários funcionalidades tecnológicas, outrora inimagináveis. Desde ouvir uma música a comandar remotamente equipamentos em um laboratório do outro lado do mundo, parecem não haver mais barreiras para as potencialidades destes instrumentos.

O uso educacional destas ferramentas, por sua vez, mostra-se, também, em franca expansão. Diversas pesquisas vêm reportando avanços e bons resultados a metodologias pedagógicas (self learnig<sup>1</sup>, blended learnig<sup>2</sup>, mobile learning<sup>3</sup>, dentre outras) que apostam no uso e desenvolvimento crescente desses equipamentos nos processos educacionais de ensino e aprendizagem.

No que concerne ao ensino de física, a inserção de dispositivos tecnológicos móveis, acontece mais frequentemente por meio de softwares simuladores de experimentos, como o amplamente difundido PhET<sup>4</sup>, e de forma mais discreta nos laboratórios comandados remotamente (*laboratórios remotos*).

O ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino Médio, por outro lado, embora constitua temática amplamente explorada nas literaturas especializadas; e de ser um tópico presente nos currículos da maioria dos cursos secundários de física, não se mostra efetivamente estabelecido como conteúdo essencial para esta etapa educacional (Ostermann e Moreira, 2016). Estes tópicos findam, em alguns casos, sendo suprimidos ou não contemplados durante o ano letivo, em detrimento de uma maior ênfase aos conteúdos de física clássica. A retirada de conteúdos de FMC do programa do Exame

<sup>1</sup> Self – Learning, numa tradução livre, significa autoaprendizagem.

<sup>2</sup> Blended Learning, numa tradução livre, significa aprendizagem mista ou mistura de aprendizagens, entre o ensino presencial e a distância.

<sup>3</sup> Mobile Learning, numa tradução livre, significa aprendizagem móvel, ou subsidiada por dispositivos móveis como ferramentas pedagógicas.

<sup>4</sup> <https://phet.colorado.edu>

Nacional do Ensino Médio (ENEM), por exemplo, pode ser analisada como fruto dessa conjuntura, revelando certa prioridade daqueles conteúdos em relação a estes.

Se aprofundarmos, sob outro olhar, a especificidade do ensino de FMC, com foco agora para o seu viés experimental, defrontamo-nos com realidade ainda mais escassa, principalmente devido ao alto custo das plantas experimentais para a montagem de um laboratório específico para estes temas.

Nesse sentido, este trabalho tem o intuito de prover uma proposta didática, intermediada através de um aplicativo, proposto para tablets, capaz de conciliar a relevância do ensino e da experimentação de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio com os benefícios da introdução e uso pedagógico de recursos multimídias, de forma a tornar mais acessível, facilitada e otimizada a relação entre o ensino teórico e as práticas experimentais para esses assuntos.

A nível de uma proposta didática, contudo, é importante salientar que esta pesquisa também não se encarregou de avaliar ou comprovar ganhos de aprendizagem com a aplicação de seu produto educacional. Um esforço nesse sentido, para a constituição de uma análise fidedigna, demandaria outros tipos de diligências, específicas para este fim. A obtenção deste nível de ensaio mostrou-se como sugestão para novos trabalhos correlacionados.

A avaliação empreendida por esta pesquisa, é bem de ver, mostra-se com vistas às viabilidades e aproveitamentos do instrumento educacional por ela proposto e suas performances de aplicação. Limitou-se, pois, a análise de resultados, à verificação dos objetivos propostos para sua ocupação, como se revela mais detalhadamente nas seções subsequentes.

## **1.1 OBJETIVOS**

### 1.1.1 Objetivo Geral

Elaborar uma proposta didática utilizada para a abordagem teórica e experimental de tópicos de física moderna e contemporânea, por intermédio de um software aplicativo, pensado para dispositivos móveis, preferencialmente tablet-Pcs, atuando como um roteiro de prática laboratorial interativo, multimídia e multiplataforma.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Criar um software aplicativo para plataformas móveis que atue como um roteiro experimental interativo.

Facilitar a execução e o aproveitamento de práticas experimentais, bem como dos ambientes de laboratório.

Fomentar a introdução e uso de recursos tecnológicos como ferramentas auxiliares nos processos de ensino e aprendizagem, inclusive para o viés experimental.

Despertar e/ou incentivar em professores e alunos o interesse pela abordagem, teórica e experimental, de tópicos de física moderna no Ensino Médio.

Apresentar um material didático, bem como um software aplicativo, como sugestão de aplicação desta proposta didática.

Elaborar e aplicar uma atividade diagnóstica, inserida numa plataforma que corrobore a ideia da utilização de recursos tecnológicos (dispositivos mobile), para averiguação dos conhecimentos prévios dos alunos.

Produzir vídeos que auxiliem os procedimentos experimentais.

Aplicar o produto educacional e, simultaneamente, avaliar o desempenho dos alunos com relação à metodologia adotada e à verificação dos objetivos propostos.

## 1.2 Estrutura da dissertação

A estruturação desta dissertação resume-se em seis capítulos que sequenciam desde as motivações até o desenvolvimento, aplicação e avaliação de uma proposta didática sugerida para o trabalho experimental de tópicos de física moderna e contemporânea no âmbito do Ensino Médio.

O aplicativo, batizado de ***SPECTRUM – Aula Interativa***, somado à sequência de etapas que integram sua utilização, compõem o produto educacional – proposta didática – exposto neste trabalho. Esta proposta didática sugere, pois, o emprego de um tablet-PC atuando como um roteiro experimental interativo cujos recursos multimídia e audiovisuais deste dispositivo móvel servirão como ferramentas para a orientação e o beneficiamento das práticas experimentais.

Uma breve introdução acerca do tema compõe, pois, o primeiro capítulo. Nesse espaço, discorre-se de forma resumida sobre as motivações e a problemática que envolve a decisão pelo tema do trabalho.

O capítulo 2, por sua vez, apresenta-se uma resumida revisão de literatura, expondo de maneira um pouco mais formal, a conjuntura da pesquisa em ensino de Física Moderna no Brasil, tangenciando o viés experimental e algumas de suas contribuições para uma atualização do Ensino Física como um todo. Explorou-se, ainda, neste tomo, o papel fundamental do laboratório para o ensino de ciências, algumas de suas modalidades de utilização e sua consonância didática com a sala de aula.

O Referencial teórico, capítulo 3, versa sobre o contexto das pesquisas com a utilização de tablet-PCs, simuladores virtuais de experimentos científicos, dentre outros dispositivos tecnológicos, como ferramentas auxiliares nos processos didático pedagógicos e sua crescente inserção no ambiente escolar.

Dar-se-á foco, todavia, a integração destes instrumentos para a otimização, aproveitamento e beneficiamento dos ambientes de laboratório, das práticas experimentais ou associadas a processos educacionais que se destinem a esse fim.

Sempre que possível, no decorrer do texto, alguma alusão será feita às teorias pedagógicas de aprendizagem – especialmente a corrente Self Learning – que possivelmente se mostrem relacionadas a esta proposta didática ou a vieses de sua metodologia.

O capítulo quatro traz a caracterização completa do produto educacional. Mostram-se detalhados, neste espaço, os aspectos técnico-computacionais, teóricos, as funcionalidades do aplicativo desenvolvido, bem como sua interação com os usuários do sistema (professor e alunos) e sua interface junto aos procedimentos experimentais. Outras produções, inerentes ao trabalho construtivo desta proposta, tais como vídeos procedimentais, foram apresentados e explicitados seus objetivos.

O quinto capítulo relata a aplicação da atividade diagnóstica, bem como os seus resultados, além dos percursos metodológicos de aplicação do produto educacional e algumas descrições qualitativas deste processo.

Por fim, o capítulo seis exhibe as considerações finais em que expomos os aspectos positivos e negativos da produção e execução do trabalho bem como uma avaliação de sua aplicabilidade, mediante a verificação dos objetivos propostos para esta realização.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O Ensino da Física Moderna

Historicamente, a Física Moderna e Contemporânea (FMC) conduziu diversas rupturas paradigmáticas, inovações conceituais, teóricas e tecnológicas que transformaram a maneira de se interpretar numerosos fenômenos naturais. A inserção, todavia, destes tópicos de física no Ensino Médio ainda se mostra incipiente ou mesmo distante deste nível de escolaridade, por diversos fatores. Neste capítulo apresenta-se uma breve discussão acerca de alguns destes fatores, a luz de pesquisas atuais nesta área.

A relevância da Física Moderna e Contemporânea bem como a necessidade de estratégias para a inserção de seus tópicos no currículo do Ensino Médio brasileiro, é justificada por Silva *et al* (2013). Eles ressaltam, também, papel das tecnologias de informação e comunicação (TICs), nessa função, como ferramenta indispensável ao desenvolvimento de novas alternativas e potencialidades de acesso e compreensão deste conteúdo.

Mostram-se numerosas as publicações literárias acerca da linha de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea (FMC)” e sua inclusão no ensino médio. Embora de extrema relevância, não será foco desta discussão o aprofundamento destas justificativas, tampouco serão apresentadas muitas literaturas neste sentido. Em consonância com a temática desta pesquisa, daremos maior atenção ao enfoque experimental dos tópicos de FMC e sua relação nos processos de ensino e aprendizagem.

Diversos autores já se empenharam no objetivo de ressaltar a relevância da introdução de tópicos de FMC no ensino médio, seja para uma reformulação do ensino física nesta etapa escolar, ou por acreditarem haver metodologias pedagógicas capazes de levar esses conhecimentos, de maneira exitosa, a este público. Apesar da numerosidade de publicações, a realidade desta inserção mostra-se ainda bastante a quem do que exibem as pesquisas.

Em um artigo de revisão bibliográfica, Ostermann e Moreira (2016) apresentam uma abrangente compilação de trabalhos – artigos em revistas, livros didáticos, dissertações, teses, projetos e navegações pela internet – que oferecem uma sólida conjuntura sobre esta área de pesquisa em ensino de física.

Nesta referência, os autores organizam as produções bibliográficas selecionadas segundo seus aspectos temáticos. Identificaram-se seis categorias como as principais abordagens das literaturas na área:

Justificativas para a inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio;

Questões metodológicas, epistemológicas, históricas referentes ao ensino de FMC; estratégias de ensino e currículos; Concepções alternativas dos estudantes acerca de tópicos de FMC; Temas de FMC apresentados como divulgação ou como bibliografia de consulta para professores de nível médio; Propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem; Livros didáticos de nível médio que inserem temas de FMC.

Ao discorrer sobre cada um destes tópicos, os autores constroem um panorama substancial sobre as produções e seus impactos quanto a promoção do ensino secundarista de FMC. Eles concluem que a maior concentração de publicações versa sobre a "apresentação de um tema de FMC" em contraposição com tónicas consideradas mais abstratas, tais como "concepções alternativas sobre FMC" e "propostas testadas em sala de aula". Na consideração dos autores, *“é possível que isto demonstre uma necessidade de amadurecimento da linha de pesquisa “FMC no ensino médio””* (Ostermann e Moreira, 2016).

Acerca da atualização curricular do Ensino Médio, os autores argumentam que publicações apresentam numerosas justificativas em favor desta modernização, ou mesmo bibliografias deste nível que trazem temas modernos. Entretanto, os pesquisadores admitem que *“colocar todas estas reflexões na prática da sala de aula é ainda um desafio complexo”* (Ostermann e Moreira, 2016).

Outra questão desafiadora, segundo Ostermann e Moreira, mostra-se na eleição de quais tópicos de FMC deveriam ser ensinados nas escolas ou, de forma equivalente, *“quais temas de FMC deveriam ser objeto de especial atenção na formação de professores de Física com vistas a uma adequada transposição didática para o ensino médio”*. A conclusão sobre este questionamento, baseada em um estudo Delphi (Ostermann e Moreira, 1998), revelou uma lista consensual, entre físicos, pesquisadores em ensino de Física e professores de Física do ensino médio, sobre quais tópicos de Física Contemporânea deveriam ser abordados na escola média, com o intuito de se atualizar o currículo de Física neste nível:

“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, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas” (Ostermann e Moreira, 2016).

Do exposto, os autores puderam verificar haver bastante empenho, por parte da comunidade, na atualização do currículo de Física no ensino médio. Eles constataram, porém, *“grandes diversidades de opiniões, bem como uma falta de acordo entre o que era e o que não era Física Contemporânea”*, considerada sob seus critérios como Física desenvolvida no século XX a partir dos anos quarenta.

Além dos recursos pedagógicos, todavia, a inserção de física moderna e contemporânea no Ensino Médio figuraria como um construto a favor de um ensino de qualidade. Mesmo havendo consenso na comunidade de professores e pesquisadores da área sobre a importância da física moderna no nível médio de ensino, existe limitado material didático- pedagógico para apoiar o professor nesta empreitada.

Valadares e Moreira (2004), enfatizam a necessidade de se inter-relacionar a física ensinada na escola à física presente no cotidiano social do aluno: *“... imprescindível que o estudante do segundo grau conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida e certamente definirá o seu futuro profissional”*.

Ainda acerca da dimensão cotidiana no ensino de física, os autores enfatizam o ensino de tópicos de FMC: *“Daí a importância de se introduzir conceitos básicos da Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano”*. (Valadares e Moreira 2004).

A influência da física moderna, nesse sentido, como parte integrante do entendimento do mundo contemporâneo, bem como a sua contribuição para a formação de um cidadão consciente, participativo, e modificador da realidade acentuam a necessidade de tais conteúdos na escola de nível médio. (Pereira e Aguiar, 2006).

## **2.2 O Ensino Experimental de Física Moderna e Contemporânea**

As práticas experimentais no ensino de física, por sua vez, mostram-se no objetivo de proporcionar aos alunos um contato mais direto com os fenômenos físicos, interagindo com materiais e equipamentos para uma melhor observação e compreensão destes fenômenos naturais.

Apesar de atividades experimentais estarem presentes há quase 200 anos nos currículos escolares e apresentarem uma ampla variação em seus planejamentos, a maioria das práticas laboratoriais se traduzem em aulas extremamente estruturadas, com guias tutoriais do tipo "receita de bolo". O trabalho dos grupos, segundo este modelo, caracteriza-se pela simples divisão de tarefas e pouco pela troca de ideias significativas sobre o fenômeno estudado (Carvalho, 2010; Conte e Cipriano, 2010; Séré *et al*, 2003).

Nesse sentido, o papel da experimentação no ensino de ciências, especialmente, no Ensino Médio, deve observar a maneira como seus planos de estudos e roteiros experimentais são organizados bem como a metodologia utilizada pelo professor no uso do trabalho prático (Couto, 2009).

Em alguns casos, porém, os estudantes se esforçam por montar o aparato experimental antes mesmo de terem iniciado a parte conceitualmente significativa da atividade experimental, o mesmo se pode afirmar quanto à preparação e à pesagem prévia dos materiais (Hodson, 1994).

Para que se adote a experimentação no ensino, portanto, faz-se necessário um estudo do tipo de laboratório que melhor pactue com os objetivos didáticos pretendidos pelo professor ou instituição de ensino (Lang, 2012; Elawady and Toba, 2009).

Se observarmos, por outro lado, o viés experimental do ensino de física moderna, a numerosidade de publicações explorando propostas metodológicas nesse sentido se esvanece. Embora existam diversas referências ressaltando o papel das práticas experimentais no ensino de ciências; o que avaliamos com extrema valia, encontram-se poucas bibliografias explorando o caráter prático no ensino de tópicos de física moderna e contemporânea.

Alguns assuntos específicos em física, como os temas de Física Moderna e Contemporânea, devido a seu alto grau abstração e complexidade teórica, mostram-se negligenciados dos currículos de ensino médio. A supressão destes tópicos, entretanto, pode comprometer a compreensão de tecnologias da atualidade (transistores, lasers, usinas nucleares, dentre outros) bem como acerca da constituição e estrutura da matéria (Silva, 2013; Ostermann e Moreira, 2001).

No concernente às práticas experimentais, os elementos de física moderna mostram-se intrinsecamente ligados a estas. A maioria dos desenvolvimentos científicos e revoluções paradigmáticas da física contemporânea advieram de inconsistências e/ou comprovações propiciadas por experimentos históricos e mentais.

Acerca do ensino de física moderna e contemporânea nas escolas brasileiras, Gaspar (1996) considera que este vem recebendo, há algum tempo, críticas pela ausência de atividades experimentais; restando ao professor, como único recurso de suas práticas, segundo esse autor, a ‘saliva e giz’. O autor ressalta, ainda, que ao aluno cabe apenas ouvir, copiar e memorizar.

“Essa prática nada contribui para um ensino eficaz da ciência física na qual se insere a física moderna e contemporânea: o ensino deve estimular ideias, permitindo aos alunos pensar e interpretar o mundo que os cerca. O cotidiano vivenciado pelos estudantes é fundamental na definição da forma de abordagem dos conteúdos previamente definidos como relevantes. Nesse contexto, atividades experimentais ganham importância”. (Gaspar, 1996).

Se analisarmos, para além dessa conjuntura, a experimentação no ensino de física moderna e contemporânea no Brasil percebemos realidade ainda mais desatualizada. Há escassez tanto em termos de plantas experimentais de laboratórios tradicionais – cujo preço se mostra bastante inacessível – quanto em simulações de experimentos ou laboratórios remotos (Pereira e Aguiar, 2006).

Ostermann e Moreira (2016) apontam, mesmo diante da vastidão bibliográfica que eximiram em seu artigo, apenas três trabalhos explorando a experimentação em tópicos de FMC.

Buscando tais referências, que datam da década de 90, Arruda (1991) descreve alguns experimentos confeccionados a partir de materiais de fácil aquisição como: descarga em gases rarefeitos, ionização do ar, produção de ozônio e propagação de ondas eletromagnéticas e espectros atômicos.

O autor considera, pois, que o aproveitamento de um laboratório de Física Moderna pode desempenhar importantes funções no Ensino de Física. O autor elenca duas: (Arruda e Toginho Filho, 1991). Ajudar na compreensão dos conceitos das teorias da Física Moderna, principalmente os relacionados com a estrutura atômica e a natureza da radiação; Introduzir o aluno em técnicas experimentais mais sofisticadas.

O alto custo de plantas e equipamentos de laboratórios de FMC, no entanto, mostrava-se – e ainda se coloca – como um dos principais empecilhos para a montagem de um bom laboratório de Física Moderna. Por se tratar de um estudo voltado para a formação de professores, Arruda e Toginho Filho argumentam que esta dificuldade pode acarretar em uma “séria deficiência” nos físicos graduados por instituições que não disponham desses recursos.

Dunne et al. (1998) fazem uma descrição, estritamente técnica e teórica, de uma medida direta do tempo de vida do múon realizada em um laboratório do A - Level<sup>5</sup>, na Inglaterra. Não houve a intenção, no trabalho, de se enfatizar aspectos pedagógicos do papel da experimentação em FMC para o ensino de física, apenas a finalidade de proporcionar aos estudantes uma evidência experimental do efeito relativístico da dilatação temporal.

Terini et al (1994), por sua vez, apresenta um software (GEIGER 1.0), que ilustra a experiência Geiger e Marsden em 1909, que “teve importância fundamental, tanto histórica quanto conceitual, já que seus resultados demonstraram a fragilidade e a incoerência do modelo proposto por J.J. Thomson para a estrutura dos átomos”. Segundo esta experiência, fez-se possível a idealização de um novo modelo atômico que reformulava a ideia de um núcleo atômico e suas características.

A contribuição deste trabalho, portanto, mostra-se em simular virtualmente um experimento cuja realização em laboratório seria impraticável, dada a insuficiência de equipamentos, ou devido ao longo tempo necessário para realização das medidas.

Nos dois últimos trabalhos supracitados, embora houvesse a exploração do viés experimental do ensino de tópicos específicos de FMC, nenhum deles mostrou-se no objetivo de prover uma proposta ou material didático para o ensino experimental de física moderna. Em ambos os casos, as propostas experimentais se deram no âmbito do ensino superior, sem que se houvesse dado foco às justificativas pedagógicas desses trabalhos.

Alvarenga (2003), no prefácio de seu livro didático, afirma que “... ainda há constantes queixas referentes à quase inexistência de textos escritos, em português, sobre Física Moderna experimental, principalmente por parte dos professores que desejam introduzir atividades experimentais ao abordarem a Física Moderna”.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para a construção deste trabalho, os referenciais teóricos pertinentes a sua temática perpassam pelas classificações e particularidades dos laboratórios de ciências, o uso de ferramentas tecnológicas e dispositivos móveis, principalmente Tablet-PCs, nos processos educacionais, em sala de aula ou durante aulas experimentais. Nesse sentido, fez-se uma breve descrição dos tipos de laboratórios de ciências existentes, traçando-se algumas comparações, à luz da literatura, entre suas modalidades. Foram relatadas outras experiências e metodologias de pesquisas relacionadas a construção, aplicação e avaliação de propostas didáticas com o uso de Tablets e outros dispositivos mobile, das quais centraremos atenção nos exemplos que trabalharam com tópicos de física moderna. Por fim, o referencial teórico trata também do estilo de aprendizagem Blended Learning, cuja interatividade e uso de dispositivos móveis é integralmente difundido, com as devidas justificativas pedagógicas, nas práxis educacionais.

#### **3.1 Os Tipos de Laboratórios e seus objetivos**

O método científico galileiano, cuja física ainda hoje se legitima e sustenta, é fundamentalmente baseado por meio da comprovação experimental. Desde os primeiros ensaios (atribuídos a Galileu) reprodutivos de fenômenos naturais – de forma sistemática, artificial e repetitiva – a ciência física evoluiu de meramente observacional, empírica e descritiva, a um caráter mais técnico e teórico, rigorosamente oriundo (sempre que possível) de experimentos cada vez mais fidedignos.

A consonância entre essas duas entidades na física é o que confere credibilidade e refinamento às modelagens conceituais propostas pelas teorias. É possível considerar, mesmo salvaguardando os casos excepcionais, que o desenvolvimento hodierno da ciência física se deve essencialmente pela inter-relação entre os desenvolvimentos teóricos e o laboratório.

Nesse ínterim, a Física Experimental se desenvolveu no sentido de se buscar convergir o desenvolvimento teórico com a verificação experimental. Laboratórios cada vez mais modernos (CERN, LIGO, Max Planck, dentre outros); e dispendo do máximo que a tecnologia atual pode oferecer, operam em funcionamento ininterrupto em busca da almejada comprovação experimental de teorias ainda abstratas ou não verificadas experimentalmente.

Desde o século XIX, práticas experimentais mostram-se presentes no ensino de Física do Ensino Médio, incumbindo-se do objetivo de proporcionar aos educandos um contato mais direto com os fenômenos físicos. Termos como “aulas práticas”, “aulas de laboratório” ou “laboratório escolar” têm sido utilizados para designar as atividades nas quais os estudantes interagem com materiais para observar e entender os fenômenos naturais. (Carvalho, 2010)

Os Projetos de Ensino de Física, por sua vez, em meados do século XX, apresentaram uma ressignificação do uso de experimentos em sala de aula. Iniciados no Estados Unidos, num contexto de guerra fria e corrida espacial, projetos como o Physical Science Committee (PSSC), o Harvard Project Physics foram algumas das iniciativas sistêmicas notáveis para o incentivo das carreiras científicas e tecnológicas, bem como da inserção de experimentos em sala de aula. No Brasil, posteriormente, o Projeto em Ensino de Física (PEF) e o Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) foram iniciativas que se alinharam nesta perspectiva e, de fato, trouxeram novos ares ao ensino experimental em física a partir da década de 70. (Alves Filho, 2000).

A experimentação, nesse sentido, pode intervir no processo de ensino-aprendizagem seguindo diferentes abordagens. Carvalho (2010) elenca e classifica dois tipos de interação que estudantes podem ter com os materiais experimentais como:

somente visuais – quando a experiência é feita pelo professor, aulas que denominamos de demonstração;

manipulativas – quando, em pequenos grupos, os alunos trabalham no laboratório.

Os planejamentos, bem como a condução das aulas experimentais, seguindo essas interações, também se mostram de duas formas:

altamente estruturadas ou centradas nos guias – cujo objetivo principal é comprovar o aprendizado já desenvolvido nas aulas teóricas;

laboratório por investigação – quando o objetivo é introduzir os alunos na resolução de um problema experimental.

Faz-se pertinente, neste ponto, aproveitando-se o ensejo dos planejamentos para aulas práticas, elencarmos, ainda que de forma sucinta, os tipos de laboratórios educacionais existentes. Para que se adote a experimentação no ensino, todavia, o estudo cauteloso do tipo de laboratório que se coadune com os objetivos prospectados pelo professor. Adotou-se, pois, nesta pesquisa, o referencial teórico de Jose de Pinho Alvez Filho (2000) e a compreensão de Anna Maria Pessoa de Carvalho (2010):

Laboratório de Demonstrações - cujo professor assume a função de experimentador, cabendo ao aluno a atribuição de mero espectador, acompanhando passivamente a realização da prática experimental.

Este tipo de laboratório esta intimamente ligado à tradição magister dixit. Ao professor cabe exercer o papel magistral e formal de senhor absoluto do conhecimento e domínio na manipulação dos equipamentos e dispositivos. o, afastado de qualquer participação mais ativa, é reservado o papel de ouvinte e observador passivo. Por outra concepção, o papel de acessório que tem o laboratório no processo de ensino. Sua realização é facultativa; daí sua ausência não resultar comprometimento maior no ensino. Se sua utilização é de livre arbítrio do professor, então não se configura como necessária na sequência didática.

Laboratório Tradicional ou Convencional – A atribuição de manipular os equipamentos e os dispositivos experimentais é do aluno. A condução da atividade, via de regra, é assistida por um texto-guia, roteiro experimental, estruturado e organizado.

Mesmo com uma participação ativa, a liberdade de ação do aluno é bastante limitada, assim como seu poder de decisão. Isto porque ele fica tolhido pelo elo tempo de permanência no estabelecidas no roteiro, ou seja, pela impossibilidade de modificar a montagem experimental.

Em suma, o laboratório tradicional tem como principais características uma organização e estrutura rígida; supervisão do professor; reduzida liberdade de ação do aluno sobre o experimento e ênfase no relatório. Este tipo de laboratório é o mais comum, em todos os níveis de ensino. No ensino médio, quando existe, não apresenta uma rigidez tão grande em relação ao relatório.

Laboratório Biblioteca - proposto por Oppenheimer e Correl (1964), e consiste de experimentos de rápida execução, permanentemente montados, tal como os livros de uma biblioteca. O material oferecido tem como característica o fácil manuseio, de modo a permitir aos alunos a realização de dois ou mais experimentos no período reservado para a aula de laboratório, sempre sob supervisão.

No aspecto organizacional, o laboratório biblioteca assemelha-se ao laboratório tradicional, exceto quantidade de medidas realizadas, dados tabulados e gráficos solicitados. O roteiro, porém, mostra-se estruturado e pouco flexível, com redução na quantidade de registros solicitados. Sua grande vantagem é proporcionar a realização de uma quantidade maior de experimentos ao longo de todo o curso.

Laboratório Fading – é uma proposta evolutiva, no sentido de ir abstraindo lentamente a quantidade de informações do guia, dando margem a propostas de experimentos formuladas pelo aluno.

Laboratório Circulante – mostra-se na mesma ideia do laboratório biblioteca, de experimentos simples, com a ideia de “kits experimentais” transportáveis. Os kits ficam à disposição dos alunos em uma sala, compondo uma espécie de “biblioteca”. Por solicitação do estudante, os kits podem ser retirados e levados para a casa, onde então ele realizaria o experimento com toda a liberdade de tempo e de repetições que achasse necessárias.

Laboratório de Projetos - Este tipo de laboratório está mais vinculado ao treinamento de uma futura profissão, no caso, a de Físico, do que ao ensino de modo geral. Ao mesmo tempo que entusiasma pela ampla liberdade de ação por parte do estudante, traz consigo a necessidade de infra- estrutura e de recursos financeiros.

Laboratório Divergente - proposta que vem ao encontro ao laboratório tradicional mas não apresenta a rigidez organizacional deste. A ênfase não é a verificação ou a simples comprovação de leis ou conceitos explorados à exaustão como no laboratório tradicional. Sua dinâmica de trabalho possibilita ao estudante trabalhar com sistemas físicos reais, oportunizando a resolução de problemas cujas respostas não são pré-concebidas, adicionado ao fato de poder decidir quanto ao esquema e ao procedimento experimental a ser adotado.

A confecção de um Ensino por Experimentos, nesse sentido, substancializa-se em modelos simplificados que podem moderar os esforços de abstrações mentais e facilitar as visualizações, suscitando discussões e a elaboração de hipóteses, que por sua vez demandam reflexões, espírito crítico e explicações. (Carvalho, et al., 2010, p. 58).

Uma proposta de Ensino de Física com caráter mais experimental, adicionalmente, propõe a exploração e a manipulação como ferramentas sinestésicas do aprendizado físico, resolução de problemas reais, superação de dificuldades, além da interação social em grupo.

Pensar num hiato entre esses dois personagens (sala de aula e laboratório) seria, no mínimo, limitar importantes ferramentas e recursos aproveitáveis para um aprendizado mais consolidado e potencialmente significativo.

A possibilidade de aproveitamento de conhecimentos prévios, por outro lado, mostra-se, também, como um aspecto inclusivo num ensino de física com amparo experimental. Seria possível que algum aluno, ainda que sem desenvoltura teórica formal,

possa ter valiosas habilidades manuais e ideais abstrativas para montagens mecânicas, eletroeletrônicas, dentre outros.

Os saberes empíricos podem ser oportunamente afluídos, bem como desenvolvidos, quando as potencialidades da prática pedagógica se diversificam, como no caso da ida ao laboratório ou da construção de experimentos práticos.

Pensemos em um fenômeno de física moderna, a exemplo dos espectros eletromagnéticos de emissão de gases ionizáveis. À primeira vista, o conteúdo pode parecer de difícil compreensão ou complexidade. No entanto, a observação de um arco íris ou as diferentes tonalidades de cores emitidas por lâmpadas (ou mesmo astros) podem constituir as primeiras observações (simples) deste evento, bem como o gatilho para seu processo investigativo.

Historicamente, é atribuído a Isaac Newton o pioneirismo no campo da espectroscopia, quando de sua célebre experiência de dispersão da luz solar a partir de um prisma vítreo. Joseph von Fraunhofer, Thomas Young, Augustin-Jean Fresnel, porém, também trouxeram grandes desenvolvimentos a esta área.

Sobre a importância do estudo dos espectros no ensino médio, Cavalcante e Tavolaro (2002) acreditam que a

“observação desses diferentes espectros de luz no Ensino Médio certamente levará a uma discussão aprofundada não somente sobre a natureza da luz mas também sobre o desenvolvimento da Física e Química modernas, ressaltando a contribuição desse tipo de análise no surgimento de modelos atômicos”.

Embora a construção de equipamentos de menor precisão, com materiais de fácil aquisição, em alguns casos, mostre-se possível e proveitosa, a aquisição de novas plantas experimentais técnicas, com o desenvolvimento de novos equipamentos e soluções tecnológicas, permite a contemplação e uma reprodução mais fidedigna e acurada de grandes experimentos históricos da Física Moderna.

Geralmente, experimentos em Física Moderna mostram-se com elevado custo de aquisição e escassez em variedade. Plantas laboratoriais, nesse sentido, devem observar os cuidados com a montagem do equipamento, a multiplicidade de usuários e o tempo de permanência de seu funcionamento. Estes fatores podem acarretar danos ao aparato e risco de desgaste por fadiga. A atividade experimental, nesse sentido, requer planejamento, cronograma e manutenção e ferramentas de assessoramento cautelosas.

### **3.2 O Uso de Tablet-PCs e Dispositivos Mobile no Ensino**

A popularização dos dispositivos eletrônicos mobile como smartphones, tablets e outros, possibilitou a seus usuários diversas capacidades outrora inimagináveis. É possível hoje ter consigo, por exemplo, condensado em um só aparelho, centenas de gigabytes de armazenamento de arquivos que vão desde uma simples foto, músicas ou vídeos, até documentos com múltiplas extensões, softwares aplicativos, widgets, email, jogos e outras ferramentas. Essa portabilidade de multi-funções potencializaram as capacidades humanas dos indivíduos hodiernos a uma esfera global, ser humano interconectado. O acesso a plataformas de busca e refinamento das redes de informação e comunicação tornaram possível se encontrar praticamente tudo o que deseja. As possibilidades de uso dos dispositivos eletrônicos móveis mostram-se multipotentes.

O advento dos tablets, por sua vez, trouxe bastante versatilidade no uso destas tecnologias. Computadores extremamente portáteis, controlados a partir de telas acionadas por toques (touchscreens); que substituem o uso de mouses e teclados, esses dispositivos possuem telas maiores que os smartphones, facilitando a leitura de textos e o uso de aplicativos.

Estes dois tipos de aparelho, no entanto, no concernente a capacidade de processamento e memória não se distinguem muito. Tablets mostram-se mais baratos que os computadores convencionais e a combinação de preço e portabilidade vêm os tornando na modalidade de computadores pessoais mais populares no mundo, com vendas superiores às dos laptops e desktops.

Smartphones e tablets, por outro lado, figuram bastante difundidos entre o público jovem, principalmente com idade escolar. Quando não em atividades educacionais, em sala de aula, estes dispositivos são comumente utilizados de forma imprópria; com troca de mensagens, redes sociais, ou jogos, gerando frequentes problemas disciplinares e levando algumas escolas a proibirem o seu uso.

Por pertencerem aos elementos cotidianos da vida dos discentes, Tablets e smartphones são atraentes como instrumentos de laboratório. Suas vantagens mostram-se para além de sua capacidade como ferramenta de medida. Os estudantes são habituados a utilizá-los e encaram com interesse novas possibilidades de aplicação.

A utilização destas ferramentas tecnológica móveis – ou mesmo a dos tradicionais computadores de mesa (desktops) – junto ao ensino experimental, vem se desenvolvendo

na figura de outras modalidades de laboratórios de ciências, que merecem destaque nessa fase de discussão.

Laboratórios Simulados (“*Simulated Labs*”) – são imitações virtuais de experimentos reais. Toda a infraestrutura necessária para o laboratório não é real, mas simulada em computadores.

Um dos exemplos mais difundidos dessa modalidade de laboratórios mostra-se através do programa integrado de ensino e aprendizagem da Universidade do Colorado, em Boulder, que fundou em 2002 o “PHET – Interactive Simulations for Science and Math”.

Este projeto de extensão, por sua vez, forneceu um bom exemplo de como combinar a praticidade da experiência de simulação e experimentação remota adjungido ao ensino tradicional, envolvendo estudantes através de um ambiente intuitivo, semelhante ao jogo, onde os alunos aprendem através da exploração e descoberta.

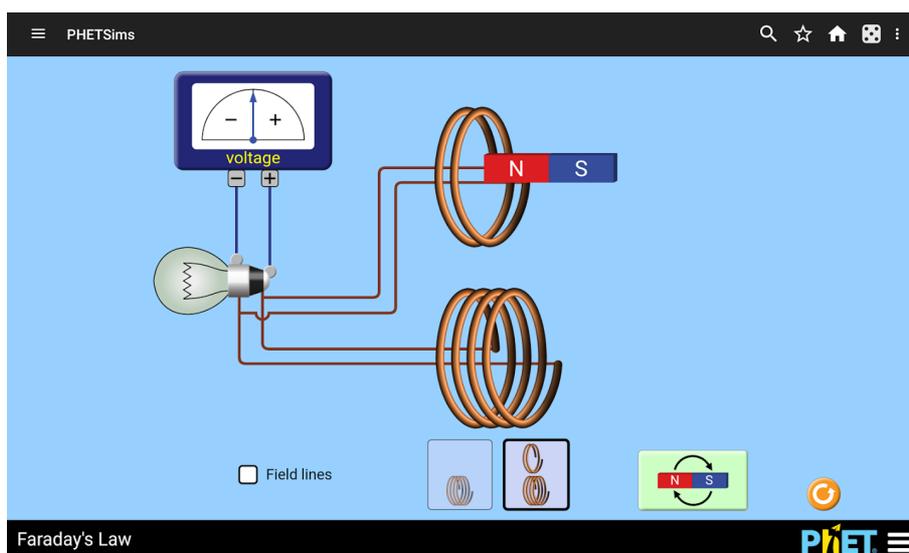


Figura 1 – Simulador Phet

Alguns autores, como por exemplo (Canizares e Faur, 1997) observam que os custos das simulações não são necessariamente inferiores ao dos laboratórios reais (“*hands on labs*”). As simulações realistas levam uma grande quantidade de tempo e despesas para se desenvolverem, bem como podem deixar de modelar fielmente a realidade.

Laboratórios Remotos (*Remote Labs*) – São caracterizados pela realidade mediada. Semelhante aos laboratórios práticos, eles necessitam de um espaço físico e de

instrumentação reais. O que os diferencia, porém, é a distância entre o experimento e o experimentador. Enquanto nos *hands on labs*, os equipamentos são operados pelo próprio experimentador, nos *remote labs*, uma interface software – hardware comandada remotamente pelo usuário intermedeia a manipulação dos instrumentos para a realização de práticas experimentais em ambientes geograficamente separados.

Embora se mostre comum, no ambiente científico, a utilização de instrumentos controlados remotamente, como telescópios, veículos submersíveis de mar profundo, como o “Mars Exploration Rovers”, além de realizar trabalhos de projetos colaborativos em aceleradores de partículas subatômicos de localização remota, como o TRIUMF, a aplicação de tecnologias de acionamento remoto ainda é nova na educação básica. (Lang, 2012).



Figura 2 – Exemplo de uma interface de Laboratório Remoto

Diversos benefícios mostram-se associados à aplicação dos laboratórios remotos, principalmente quanto a sua acessibilidade e multiplicidade da prática do trabalho experimental, beneficiamento do ensino a distância e aproximação de estudantes a laboratórios de ponta.

Porém, para limitações das ferramentas virtuais existentes. Elementos como a falta de realismo nas imagens e movimentos, limitações de transmissão via Internet, recursos de terceira dimensão, podem limitar a compreensão dos alunos, bem como fazê-los reter atenção mais para a manipulação do aparato remoto no lugar do fenômeno experimental que está sendo reproduzido. (Corter, et al, 2004).

Essas carências engrandecem e enfatizam, por outro lado, o papel insubstituível dos experimentos reais, principalmente nas séries do ensino médio, para que se adquiram habilidades práticas com situações de instabilidade ou de interferência de variáveis externas não controláveis.

Do exposto no capítulo 2, observou-se que para o êxito de uma atividade experimental, do ponto de vista da aprendizagem, exige-se a participação ativa do aluno, figurando não apenas como um executor passivo das instruções de um guia de laboratório. O uso de dispositivos tecnológicos, por sua vez, por se mostrarem presentes no contexto de vida do aluno, propiciam aos educandos uma referência familiar capaz de mediar sua interação com a prática experimental realizada no laboratório. Essa mediação, no contexto dos processos de ensino e aprendizagem, assessora para além de uma simples execução das atividades propostas pelo professor, ela também oportuniza o desenvolvimento de outras ações investigativas por parte dos alunos.

O contexto de sala de aula, nesse ínterim, expande-se com as possibilidades dessas ações. Como boa parte dos estudantes carrega um smartphone em seu bolso, eles podem utilizar os recursos do aparelho para analisar fenômenos do seu dia-a-dia, dentro ou fora da sala de aula ou do laboratório. A liberdade espacial, trazida pelas potencialidades destes recursos, estabelecem uma relação fértil entre a física estudada na sala de aula e a experiência cotidiana fora dela. (Vieira, 2013)

A adoção plena das características dessas tecnologias de informação e comunicação (TICs), no entanto, exige reestruturações das metodologias pedagógicas anteriormente adotadas, reformulando o estilo tradicional de instrução, bem como causando alterações significativas na organização da sala de aula, na interação e nas relações sociais entre estudantes e a natureza dos materiais didáticos e atribuições.

O impacto dos Tablet-PCs, nesse sentido, ou de softwares tutoriais interativos em práticas experimentais; funcionando como ferramentas tecnológicas para apoiar um aprendizado mais colaborativo, pode ser observado para oferecer uma pedagogia mais eficaz em comparação com ambientes de ensino tradicionais, centrados no instrutor.

Rawat et al (2008), entretanto, aponta algumas limitações para o uso integral da abordagem com Tablets-PCs. Em um projeto piloto no Departamento de Tecnologia da *Elizabeth City State University*, os pesquisadores equiparam uma sala com 20 tablets para o uso em um componente curricular introdutório de tecnologia do curso de Engenharia Eletrônica com o intuito de melhorar o envolvimento e a participação dos alunos em sala de aula e no laboratório.

O curso, baseado prioritariamente em práticas experimentais, funcionava da seguinte forma: antes do uso dos Tablet PC, o instrutor geralmente fazia uma exposição, onde explicaria os conceitos através de slides ou uso de quadro branco, com o aluno a tomar notas. No final de cada palestra, os alunos recebiam tarefas e atividades para a solução em casa.

Os pesquisadores, ao avaliarem o projeto piloto, relataram três principais limitações à metodologia: Há uma interação limitada entre o aluno e o instrutor e praticamente nenhuma interação entre os alunos; Os alunos muitas vezes perdem a submissão da tarefa; O feedback escrito ou verbal é dado em uma data posterior, o que geralmente é negligenciado pelos estudantes. Nesta experiência, portanto, percebe-se não ter havido o envolvimento ativo dos alunos nos processos instrucionais, o que possivelmente pode ter afetado severamente suas aprendizagens.

## 4 O PRODUTO EDUCACIONAL: SPECTRUM AULA INTERATIVA

### 4.1 Apresentação do produto educacional

Batizado de *SPECTRUM Aula Interativa*, este software aplicativo somado à sequência de etapas proposta para sua utilização, consubstancia uma proposta didática, produto educacional apresentado nesta dissertação.

Firmada nos objetivos expostos nas seções 1.2.1 e 1.2.2 deste documento, essa construção propõe o emprego de um tablet-PC no papel de um roteiro experimental interativo, cujos recursos multimídia e multiplataforma deste dispositivo serão aproveitados para o beneficiamento de práticas experimentais.

O software desenvolvido funciona por meio de uma comunicação entre uma aplicação android (app) e um servidor de banco de dados. O aplicativo android foi totalmente desenvolvido durante o projeto, enquanto que para o servidor optou-se por um já existente, denominado Blackendless<sup>6</sup> (Fig. 3). Para o desenvolvimento do aplicativo, por fim, foi utilizado o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) Android Studio.

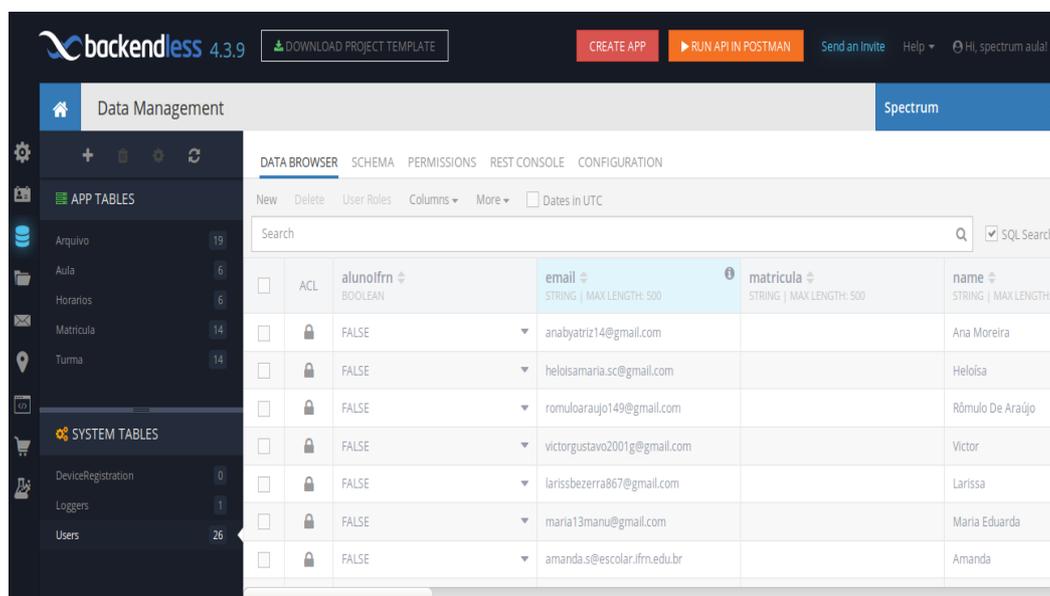


Figura 3 - Servidor Blackendless

<sup>6</sup> <https://develop.backendless.com/>

O app foi desenvolvido em linguagem Java, e para o seu melhor funcionamento foram utilizadas 3 bibliotecas externas, a saber: Picasso<sup>7</sup> para adição de imagens as aulas, Glide<sup>8</sup> para adição de gif as aulas e PhotoView<sup>9</sup> para melhor manipulação de imagens permitindo zoom in/out. Todas as outras funcionalidades do aplicativo foram desenvolvidas a partir de bibliotecas nativas do sistema Android.

Para aumentar o alcance do aplicativo optou-se por utilizar a API 16 – que indica o nível de compatibilidade com os dispositivos Android existentes – como versão mínima, sendo assim mais dispositivos estariam compatíveis e seria possível alcançar um maior público de estudantes.

O funcionamento do app consiste basicamente de 3 diferentes funcionalidades principais:

- ✓ Registro/Login no aplicativo;
- ✓ Listagem/exibição das aulas;
- ✓ Agendamento de horário para as aulas.

Ainda é possível completar o cadastro do usuário. Esta funcionalidade existente apenas quando o usuário é identificado pelo professor como aluno da turma previamente cadastrada, junto ao banco de dados.



Figura 4 - Login no sistema.

<sup>7</sup> <http://square.github.io/picasso/>

<sup>8</sup> <https://bumptech.github.io/glide/>

<sup>9</sup> <https://github.com/chrisbanes/PhotoView>

Na aplicação, as aulas foram divididas em 2 tipos, **aulas práticas** e **aulas teóricas** (Fig. 5 e 6), sendo as aulas teóricas disponíveis para visualização por qualquer usuário que disponha o app, a qualquer momento. Esta aula tem por objetivo estudos teóricos acerca do tema da aula.



Figura 5 - Aula teórica.

As aulas práticas, porém, serão de acesso exclusivo dos alunos previamente cadastrados pelo docente, junto ao sistema de banco de dados e que tenham feito devidamente o agendamento de horário para a realização da prática experimental no laboratório de física.

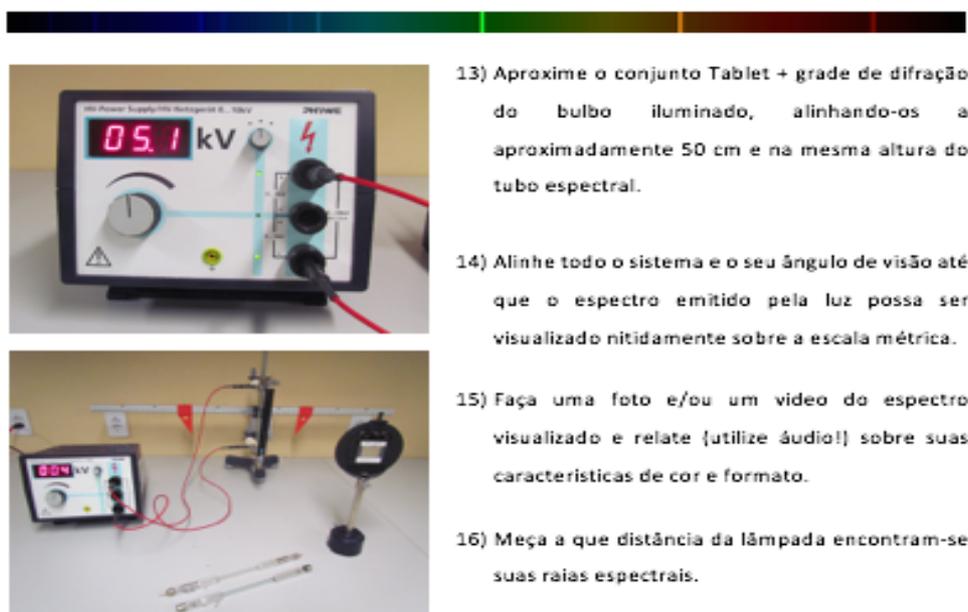


Figura 6 - Aula prática

A reserva de datas e horários, por sua vez, para a realização das aulas práticas, será realizada pelo próprio aplicativo, ou seja, cada grupo de discentes possui um horário exclusivo de acesso ao laboratório, selecionado em comum acordo com seus componentes. Esse ponto traz à tona o caráter de autonomia facultado aos discentes, na perspectiva do self-learning, bem como a otimização de uso dos espaços de laboratórios.



Figura 7 - Agendamento de aula prática

É durante as práticas experimentais, por outro lado, que o diferencial do uso de um tablet como roteiro interativo se revela. Os discentes são, passo a passo, estimulados a interagir com o experimento através do dispositivo – por meio da adição de áudios, vídeos, imagens ou textos explicativos – enquanto vão realizando sua prática experimental.

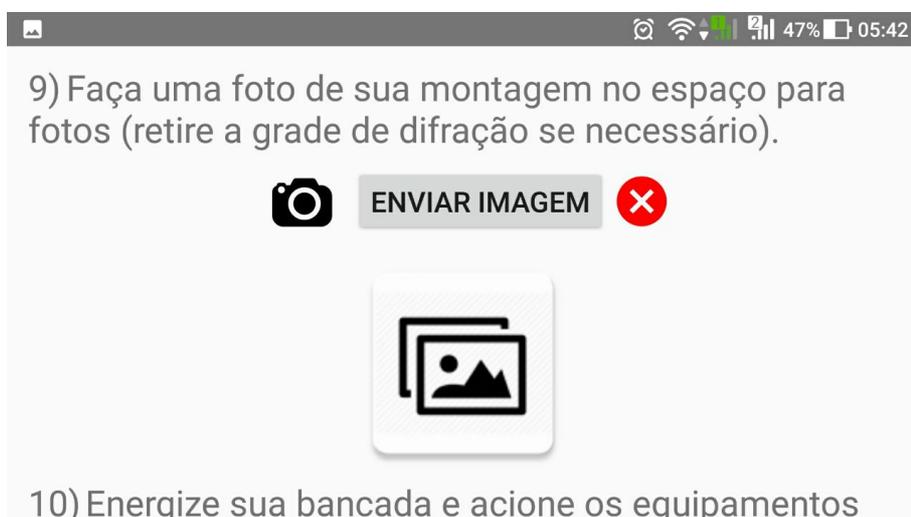


Figura 8 - Pergunta e resposta com imagem na aula prática.

O discente irá utilizar as ferramentas disponíveis nos dispositivos *Android* para adicionar os arquivos as suas respostas, seja utilizando câmera para filmar ou tirar fotos do experimento ou gravando um áudio explicativo, em todos os casos há um botão indicativo do tipo de arquivo que o discente deve adicionar como resposta em cada questionamento dos procedimentos experimentais.

Ao acionar um dos botões de resposta, conseqüentemente, o dispositivo irá direcionar o discente seja para câmera, para aquisição de fotos ou vídeos, bem como para o sistema de microfones, cuja gravação de áudio se torna imediatamente acionada.

O discente pode, ainda, clicar novamente sobre os ícones para submeter novamente uma nova resposta para a mesma questão, se julgar necessário. O aplicativo sobrescreverá a última resposta pela nova enviada. Ao final cada questão, porém, irá conter apenas a última resposta enviada pelo discente.

Para facilitar o entendimento do discente ao lado de cada ícone de adição de arquivo há um botão “ENVIAR ARQUIVO” que ao ser clicado irá pegar o arquivo adicionado pelo discente e salva-lo na base de dados.



Figura 9 - Pergunta e resposta com áudio na aula prática

Para sinalizar ao discente, pois, que o arquivo foi enviado corretamente para a base de dados foi adicionado um ícone a direita de cada botão de envio. Caso o ícone estiver vermelho, isto significa que o discente ainda **não** enviou o arquivo referente aquela resposta ou que o arquivo não foi enviado com sucesso. Quando ocorrer o sucesso do envio, por outro lado, o ícone se tornará verde e uma mensagem será exibida para o discente (Fig. 9).

Cada resposta enviada pelo discente, todavia, será armazenada no banco de dados contendo chaves para identificação específicas de que discente enviou o arquivo, assim como a que aula e questão aquele arquivo se refere.

Ao termino da aula o discente pode enviar o seu relatório de prática ao professor, que irá receber via e-mail um relatório final compilado com todas as respostas enviadas pelo discente, devidamente identificado, e salvo na base de dados do sistema.

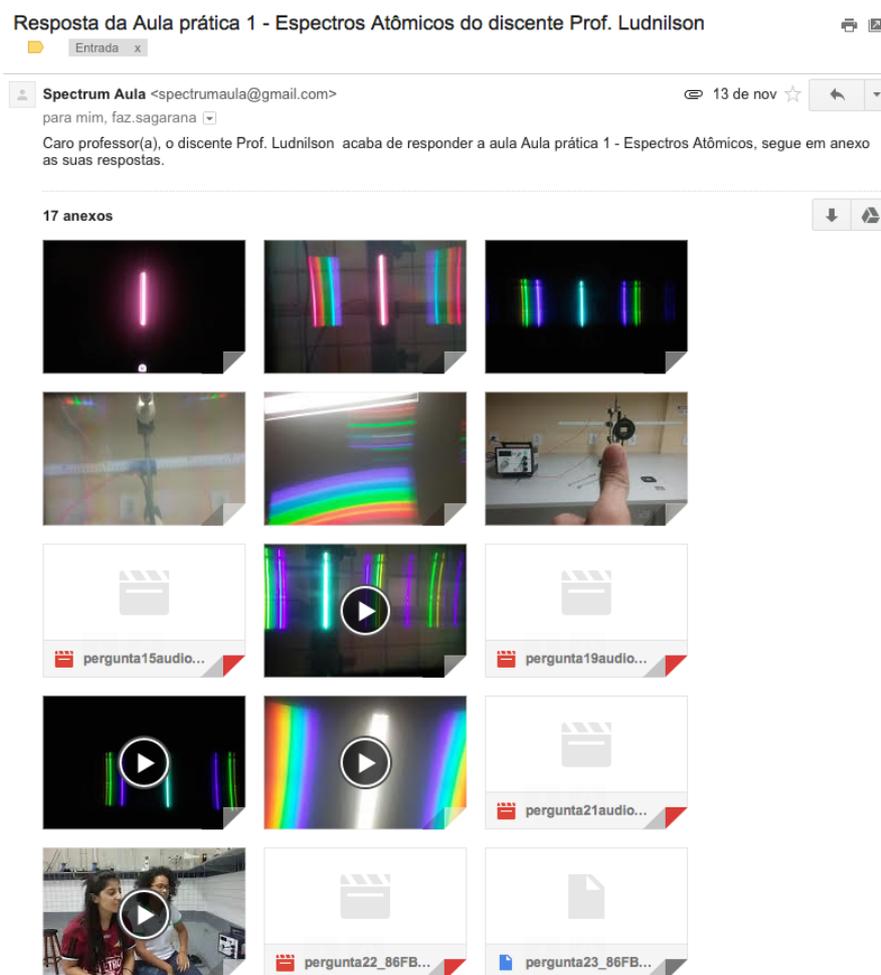


Figura 10 – Arquivos recebidos pelo professor, enviados pelo app ao termino da aula

Para um melhor funcionamento do sistema, todavia, optou-se por limitar os tamanhos dos vídeos a 30 segundos de duração, visto que vídeos tendem a crescer bastante o tamanho de armazenamento por relatório, o que dificultaria sobremaneira o envio, dependente de internet, para a base dados. As imagens, áudios e arquivos de texto, por outro lado, não costumam trazer problemas quanto aos seus tamanhos de armazenamento, portanto não houve nenhuma limitação de tamanho.

## 5 O PERCURSO METODOLÓGICO

Diante do exposto nos capítulos anteriores, destacam-se alguns aspectos que forneceram elementos orientadores para a organização do percurso metodológico desta dissertação, quais sejam: a relevância dada ao ensino e a experimentação de tópicos de física moderna no ensino médio; os benefícios da introdução e uso pedagógico de recursos multimídias (dispositivos mobile) na sala de aula e nos laboratórios de ciências, bem como a necessidade de tornar mais acessível, facilitada e otimizada a relação entre ensino e práticas experimentais.

Cabe ressaltar, é bem de ver, que esta pesquisa observou em seus objetivos, além de destacar os aspectos supracitados, propor uma sequência, proposta didática, de atividades para trabalhar com o tópico de física moderna: Espectros atômicos. A sequência, pois, proposta nesta aplicação pode ser utilizada pelos docentes à luz de outros referências teóricos sobre o tema abordado, respeitando-se, preferencialmente, as fases da aplicação didática sugeridas por esta pesquisa.

Nesse ínterim, as questões de estudo levantadas derivam orientações como:

Elaborar atividades e recursos didático-pedagógicos para uma proposta de abordagem contextualizada para o tema Espectros Atômicos, considerando a integração fundamental com a experimentação.

Adequar à proposta de abordagem a utilização de dispositivos mobile (Tablet PC's), tanto em sala de aula como em laboratório, observando e corrigindo possíveis distorções nessa transposição.

Submeter a proposta didática à avaliação de especialistas na área, bem como à comunidade, para validação e ajustes.

Desenvolver esta proposta de didática com alunos do ensino médio

Avaliar a proposta didática junto a um grupo de Licenciatura em Física.

Avaliar o cumprimento dos objetivos almejados com a aplicação da proposta didática.

## 5.1 O Contexto da pesquisa

A sequência metodológica para esta pesquisa organizou-se em quatro etapas: uma fase de elaboração da proposta didática e sua validação junto a alguns especialistas na área e na comunidade científica. Uma segunda fase, de implementação técnica, computacional, e de testes do software objeto deste produto educacional, o aplicativo mobile *SPECTRUM*. E, por fim, uma terceira e quarta fases que se encarregaram da aplicação integral desta proposta didática.

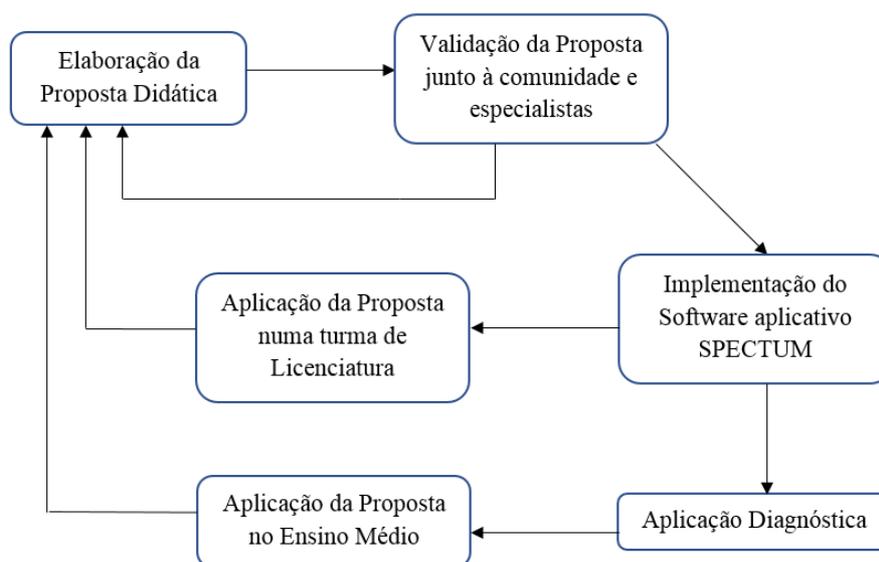


Figura 11 – Fluxograma da implementação do produto

No concernente a primeira etapa de organização desta pesquisa, a formulação da proposta didática, ainda concebida em sua fase embrionária - um plano teórico – fez-se submetida como comunicação oral na Second World Conference on Physics Education (São Paulo – Brasil – 10 / 15 de julho de 2016).

Nesta ocasião, foram expostos à especialistas da área de ensino de física e apreciados pela comunidade as questões de pesquisa, inquietações, elementos norteadores, bem como os objetivos que fundamentaram este trabalho, a arquitetura do software proposto (SPECTRUM) e algumas de suas principais propostas de funcionalidades. As contribuições, críticas e elogios a esta proposta didática mostraram-se fundamentais para uma reorganização e análise prévia dos objetivos desta pesquisa.

Posteriormente, iniciou-se a implementação de um software aplicativo, voltado para dispositivos mobile (tablet – Pcs), que pudesse contemplar de forma integrada as

dimensões prática e experimental almejadas pela proposta. O aplicativo foi batizado com o nome: ***SPECTRUM – Aula Interativa***, uma vez que, para esta aplicação, o tópico de física moderna escolhido para o desenvolvimento das práticas foi ***espectros atômicos***.

Os esforços computacionais de programação; estes que necessitaram ser delegados a um especialista, somados aos longos períodos de idealização, adequação e exiguidade deste software, na busca de uma transmissão fidedigna da proposta teórica, comportaram a principal fase de construção e verificação deste produto educacional.

Nesse ínterim, eram selecionados os sujeitos de pesquisa, organizando-se, assim, as terceira e quarta etapas do percurso metodológico delineado, e desenvolvida, com estes atores, uma avaliação diagnóstica prévia, pensada como alicerce inicial para uma aplicação contextualizada desta proposta didática, segundo uma perspectiva teórico experimental de tópicos de física moderna.

Respeitando-se sempre que possível uma das ideias norteadoras deste trabalho: inserção de recursos multimídia no ensino em geral, a concepção e efetividade destas avaliações de sondagem mostraram-se, desde o início, corroborando este pensamento. Estes diagnósticos prévios de índices de aprendizagem, nesse contexto, foram construídos utilizando-se o software educacional KAHOOT<sup>10</sup>, em cujos participantes discentes interagem por meio de dispositivos mobile (celulares e tablets).

Destas sensibilizações, partiram elementos sinalizadores de como deveria ser o perfil de intervenção proposto para este produto educacional, equacionando-se de forma mais sólida seus objetivos e intenções didático pedagógicos.

A proposta de abordagem, enfim, fez-se desenvolver com um grupo total de 36 alunos, todos regularmente matriculados na segunda série do Ensino Médio Técnico Integrado do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), no município de Canguaretama, pertencente à Microrregião do Litoral Sul, na Mesorregião do Leste Potiguar. Estes sujeitos eram dispostos, prioritariamente, em grupos de trabalho com no mínimo dois (2) e máximo quatro (4) participantes por conjunto.

O critério adotado para a seleção da escola pautou-se no fato de o pesquisador atuar como professor nessa instituição e, portanto, ter facilidade de dialogar com a equipe pedagógica e com possíveis professores colaboradores.

10

<https://kahoot.com>

## 5.2 A Avaliação diagnóstica

Avaliações diagnósticas podem ser utilizadas para sondagem de concepções prévias e moderar/auxiliar a preparação docente em sua práxis. Diversas correntes pedagógicas (construtivismo piagetiano, teoria da mediação de Vygotsky, aprendizagem significativa de Ausubel, dentre outras) contemplam e valorizam os conhecimentos prévios como organismos moderadores (subsunoers) da prática educacional.

Como elemento de avaliação diagnóstica, para que se mantivesse a coerência com a introdução e o trabalho com recursos de mídias digitais e dispositivos mobile (tablets e smartphones), foco desta pesquisa, pensou-se um recurso didático que pudesse adjungir a utilização destas ferramentas tecnológicas simultaneamente com a promoção de uma sondagem previa satisfatória.

O software Kahoot!, nesse sentido, é uma plataforma de aprendizagem gratuita baseada em jogos interativos de aprendizagem, chamados *kahoots*, apresentados no formato de um quiss, composto por uma série de questões objetivas. As perguntas são criadas pelo próprio professor, com configurações e quantidades inteiramente livres, exceto pela quantidade de caracteres. É possível, também, adicionar vídeos, imagens e diagramas às perguntas, ampliando o entendimento e a compreensão dos participantes.

Kahoots são melhor jogados em uma configuração de grupo, por exemplo, em uma sala de aula. Os jogadores respondem as perguntas a partir de seus próprios dispositivos mobile, enquanto os jogos são exibidos em uma tela compartilhada com todos. Além de criar kahoots próprios, é possível, também, pesquisar entre diversos jogos existentes.

A dinâmica de respostas, acertos e erros, a exibição das pontuações e do ranking entre os grupos, desperta o envolvimento dos participantes, competindo saudavelmente enquanto aprendem e celebram juntos seus resultados.

A aprendizagem social promove a discussão e o impacto pedagógico, quer os jogadores estejam no mesmo grupo ou em grupos rivais. Depois de um jogo (avaliação diagnóstica) os jogadores foram incentivados a revisar, criar e compartilhar seus próprios kahoots para aprofundar a compreensão, o domínio e o propósito daquela aprendizagem, além de se envolverem em discussões mediadas pelo professor.

A avaliação diagnóstica, nesse sentido, foi constituída de um kahoot contendo doze questões objetivas, todas de autoria do pesquisador, pensadas no intuito de analisar

o nível de conhecimento dos alunos a respeito dos conteúdos e de seus conhecimentos prévios concernente ao tópico de física moderna: Espectros atômicos.

O teste de avaliação diagnóstica, portanto, foi elaborado de maneira que cada uma das questões tivesse um objetivo específico para construção de um alicerce preparatório à consecução de aplicação desta proposta didática.

A própria plataforma, como um de seus recursos adicionais, modela e disponibiliza estatísticas e médias de acertos e erros acerca dos resultados obtidos, facilitando sobremaneira a análise e avaliação dos rendimentos e objetivos de aprendizagem.

É necessário ressaltar, neste ponto, que as questões objetivas elaboradas para a avaliação diagnóstica desta pesquisa possuem dois formatos de resposta padrão, contendo ora duas (questões 3, 6 e 9) e ora quatro (demais questões) alternativas de múltipla escolha. A probabilidade, portanto, de um acerto aleatório mostra-se, respectivamente, 50% e 25%, dependendo do perfil de cada questão. Para efeitos de uma análise fidedigna, esta pesquisa considerará um percentual menor ou igual aos valores supracitados como residentes na aleatoriedade.

Estes objetivos mostram-se indicados nas descrições das tabelas, retiradas do próprio software KAHOOT, apresentadas a seguir.

Espectros Atômicos			
Played on	16 Oct 2017		
Hosted by	Ludnilson		
Played with	7 players		
Played	12 of 12 questions		
Overall Performance			
Total correct answers (%)	44,30%		
Total incorrect answers (%)	55,70%		
Average score (points)	4508,71 points		
Feedback			
How fun was it? (out of 5)	5,00 out of 5		
Did you learn something?	0,00% Yes	0,00% No	
Do you recommend it?	0,00% Yes	0,00% No	
How do you feel?	 100,00% Positive		0,00% Neutral

Figura 11 - Resultados testes de teste de avaliação diagnóstica

Inicialmente, o software apresenta uma visão geral da atividade, indicando o título do KAHOOT, o nome de seu autor (professor), a data de sua veiculação, a quantidade de grupos participantes, e número de questões propostas.

Verificam-se, além disso, os índices percentuais de total de respostas corretas e incorretas, bem como alguns “feedbacks” de avaliação pessoal dos participantes, tais como: índices de satisfação ao jogar, verificação de sua aprendizagem e de recomendação da atividade. Estes quesitos são propostos ao fim do jogo e seu preenchimento mostra-se facultativo.

No caso específico desta avaliação de sondagem, obteve-se a totalidade de respostas positivas em relação aos índices de diversão durante o jogo e avaliação positiva da atividade.

Com o questionamento inicial, almejou-se investigar a concepção dos discentes no tocante ao conceito de modelo científico, haja vista sua relevância para o entendimento coeso dos modelos atômicos.

Espectros Atômicos				
Q2	O que significa ÁTOMO ?			
Correct answers	INDIVISÍVEL			
Players correct (%)	85,71%			
Question duration	20 seconds			
Answer Summary				
Answer options	▲	◆	●	■
	"PEQUENO"	"INVISÍVEL"	"INDIVISÍVEL"	"PARTÍCULA"
Is answer correct?	✘	✘	✔	✘
Number of answers received	0	0	6	1
Average time taken to answer (seconds)	0,00	0,00	4,30	4,93

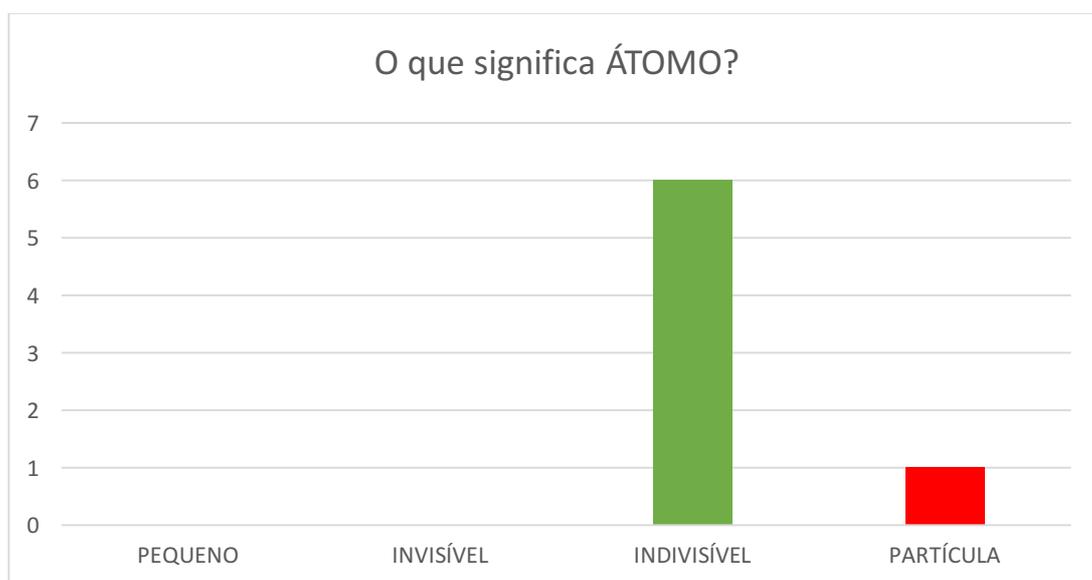


Figura 12 - Concepção discentes sobre modelos atômicos

Junto aos índices de resposta promovidos pelo software, porém, fazem-se necessárias algumas observações. Apesar da indicação para o número de jogadores com resposta correta nesta questão atingir o percentual de 60%, nota-se que, no índice de respostas recebidas, apenas cinco (5) dos sete (7) grupos participantes submeteram respostas a essa pergunta. A ausência de resposta a uma das perguntas pode ser interpretada duas formas: ou o grupo não respondeu ao questionamento em tempo hábil, ou absteve-se de responder.

Recalculando-se, pois, o índice de acerto para a questão, levando em consideração o número total de participantes, obtemos um novo valor, de aproximadamente 43% de aproveitamento.

A questão número dois averiguou o conceito clássico de átomo. Os resultados revelam, que os discentes têm ciência da significação deste conceito.

Ainda acerca da compreensão de átomo, o terceiro questionamento avaliou o conhecimento dos discentes a respeito da divisibilidade do átomo, um entendimento mais moderno deste conceito.

Espectros Atômicos	
Q3 Átomos são indivisíveis ?	
Correct answers	Não
Players correct (%)	14,29%
Question duration	20 seconds
Answer Summary	
Answer options	▲ "SIM" ◆ "Não" ● ■
Is answer correct?	✘ ✔
Number of answers received	6 1
Average time taken to answer (seconds)	1,59 6,51

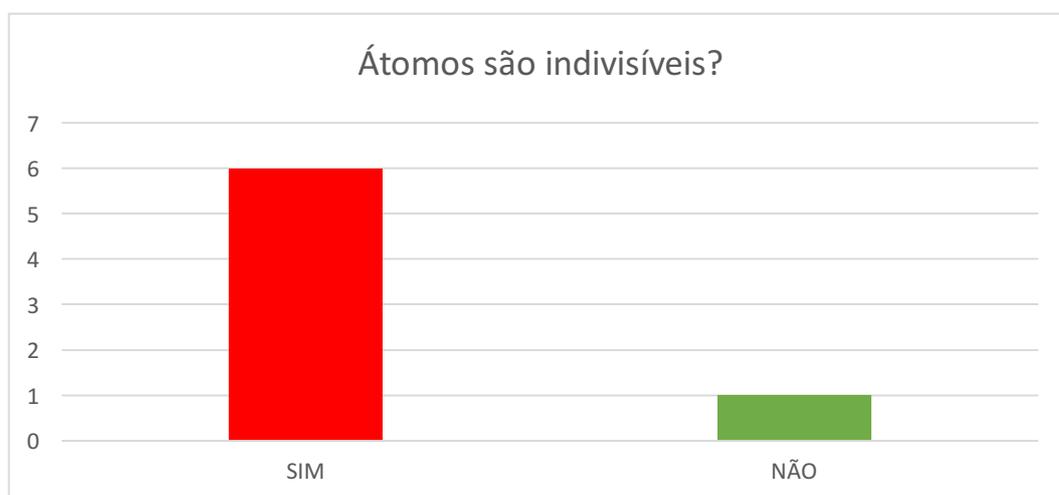


Figura 13 – Resultados da questão 3

Surpreendentemente, embora os discentes já possuíssem pré-requisitos de outras disciplinas (como química e biologia); além de terem cumprido integralmente os cursos de eletromagnetismo e ondulatória, apenas um dos grupos acertou tal quesito.

Alguns discentes, no momento do jogo, alegaram distração quanto a interpretação do enunciado da pergunta, induzindo assim seu erro. A observação do índice de média de tempo gasto para que os jogadores decidissem pela resposta (1,59 segundos) pode corroborar esta hipótese.

A quarta pergunta, considerada pela maioria como uma “casca de banana”, primou por examinar se os alunos possuíam algum conhecimento das estruturas atômicas subelementares.

Os pesquisadores consideraram dotado de certa relevância, tal questionamento, por pertencer a uma compreensão mais hodierna do conceito de átomo, bem como constituir um dos tópicos de física moderna (física de partículas) comumente noticiado nas grandes mídias devido aos recentes avanços do ramo da física de partículas.

Os celebres modelos atômicos, apenas os mais clássicos, foram alvo do quinto questionamento. Nesse particular, mostrou-se unânime o conhecimento dos participantes ao menos no tocante aos nomes desses modelos.

Salienta-se, todavia, que não se verificou com a avaliação diagnóstica se os discentes possuíam um entendimento correto sobre cada um destes sistemas. A intenção neste quesito centrou-se, simplesmente, em saber se os sujeitos eram capazes de identificá-los por nome.

Espectros Atômicos				
Q5	São exemplos modelos atômicos?			
Correct answers	Modelo de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr			
Players correct (%)	100,00%			
Question duration	20 seconds			
Answer Summary				
Answer options	 "Modelo de Dalton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr"	 "Modelo de Newton, de Thomson, de Rutherford e de Bohr"	 "Modelo de Dalton, de Thomson, de Galileu e de Bohr"	 "Modelo de Newton, de Thomson, de Galileu e de Bohr"
Is answer correct?				
Number of answers received	7	0	0	0
Average time taken to answer (seconds)	6,26	0,00	0,00	0,00

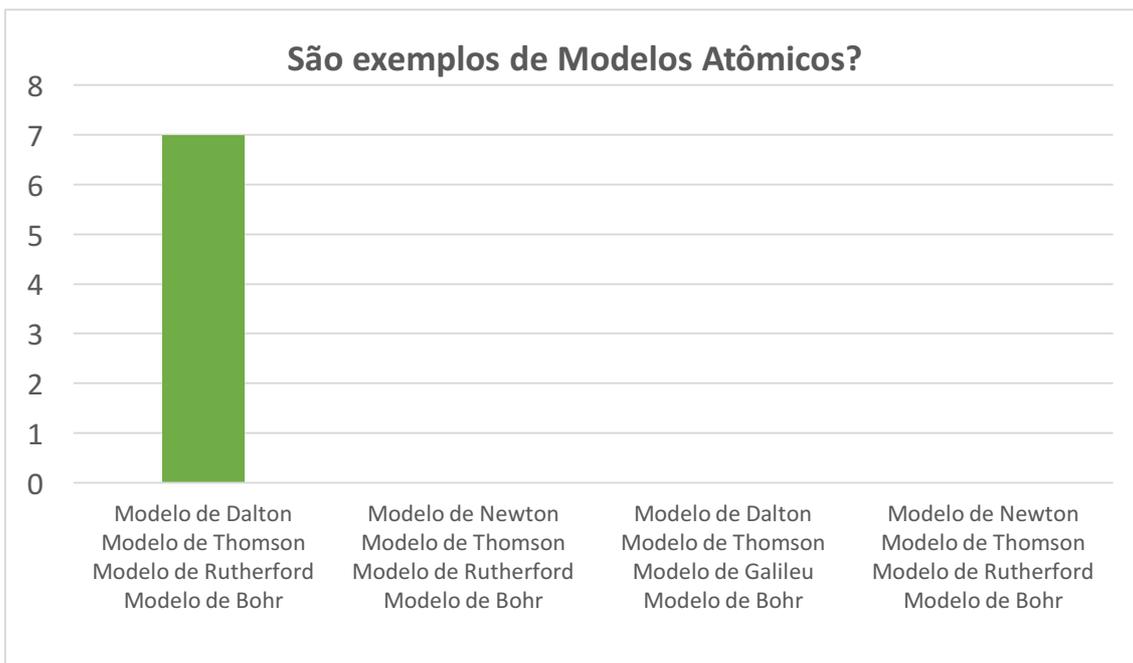


Figura 14 - Resultados da questão 5

A relação entre o entendimento da estrutura atômica e a emissão de luz (radiação eletromagnética) passou a ser tratada a partir do questionamento seis. Nesta inquirição, apenas a possibilidade de emissão luminosa foi explorada. O percentual de acerto obtido denota alguma organização prévia, por parte dos sujeitos, da ocorrência deste fenômeno.

Espectros Atômicos						
Q6	Átomos (elementos químicos) emitem luz (radiação)?					
Correct answers	SIM					
Players correct (%)	71,43%					
Question duration	20 seconds					
Answer Summary						
Answer options	▲	"SIM"	◆	"NÃO"	●	■
Is answer correct?	✓		✗			
Number of answers received	5		2			

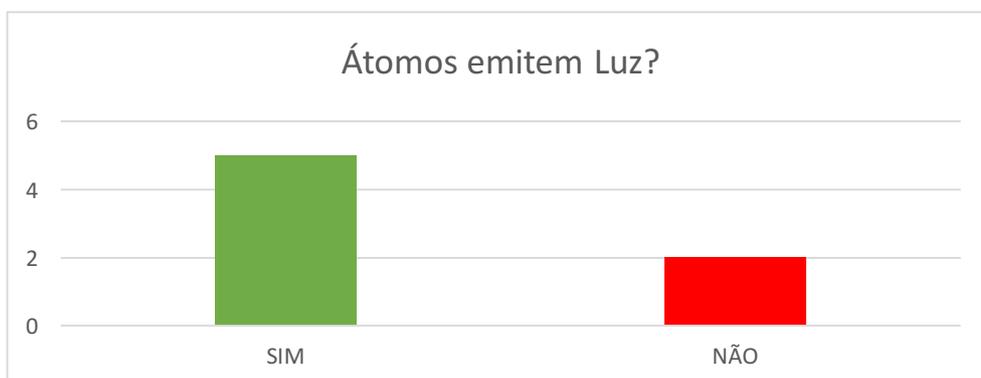


Figura 15 - Resultados da questão 6

Abordando minimamente algum aspecto histórico e filosófico da ciência, a sétima questão colocou-se no intento de constatar se alguém, dentre o espaço amostral investigado, reconhecia a autoria do experimento histórico da dispersão da luz branca de Isaac Newton. Este exemplo de aplicação foi pioneiro na revelação do espectro eletromagnético de radiação e introduziu o ramo científico da espectroscopia.

Q7 Quem realizou o experimento abaixo e como ele é chamado?	
Correct answers	Isaac Newton, dispersão da luz
Players correct (%)	28,57%
Question duration	20 seconds
Answer Summary	
Answer options	<span style="color: red;">▲</span> "Isaac Newton, quebra da luz" <span style="color: blue;">◆</span> "Faraday, difração da Luz" <span style="color: gold;">●</span> "Galileu, dispersão da Luz" <span style="color: green;">■</span> "Isaac Newton, dispersão da luz"
Is answer correct?	<span style="color: red;">✗</span> <span style="color: red;">✗</span> <span style="color: red;">✗</span> <span style="color: green;">✓</span>
Number of answers received	1 <span style="margin-left: 100px;">4</span> <span style="margin-left: 100px;">0</span> <span style="margin-left: 100px;">2</span>

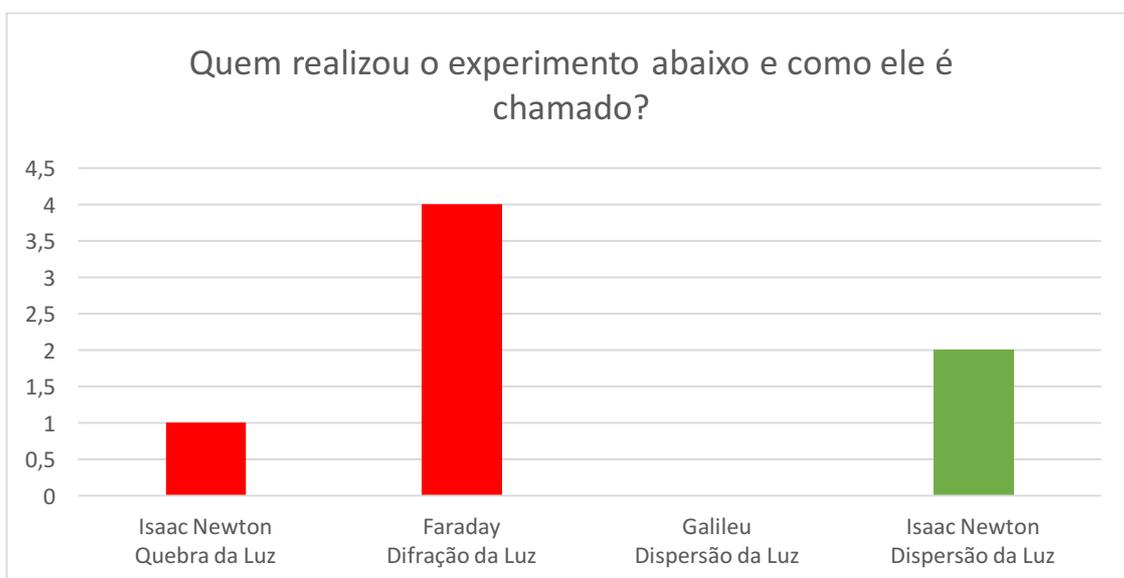


Figura 16 - Resultados da questão 7

Os Espectros Atômicos, finalmente, mostram-se abordados na indagação oitava. Tema cerne deste produto educacional, esta tônica foi eleita para representar um dos tópicos iniciais de física moderna no âmbito do Ensino Médio, dada sua abrangência histórica e fenomenológica, sua transversalidade e interdisciplinaridade com outras disciplinas, além de seu potencial experimental.

Espectros Atômicos	
Q8 O que é um ESPECTRO ATÔMICOS ?	
Correct answers	é uma representação da radiação emitida pelos átomos
Players correct (%)	66,67%
Question duration	20 seconds
Answer Summary	
Answer options	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">▲ "é uma representação da radiação emitida pelos átomos"</div> <div style="text-align: center;">◆ "é a luz emitida pelos átomos"</div> <div style="text-align: center;">● "é a imagem projetada pelos átomos"</div> <div style="text-align: center;">■ "é a imagem do átomo decomposta"</div> </div>
Is answer correct?	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>✓</span> <span>✗</span> <span>✗</span> <span>✗</span> </div>
Number of answers received	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>4</span> <span>2</span> <span>0</span> <span>0</span> </div>
Average time taken to answer (seconds)	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span>5,86</span> <span>16,27</span> <span>0,00</span> <span>0,00</span> </div>

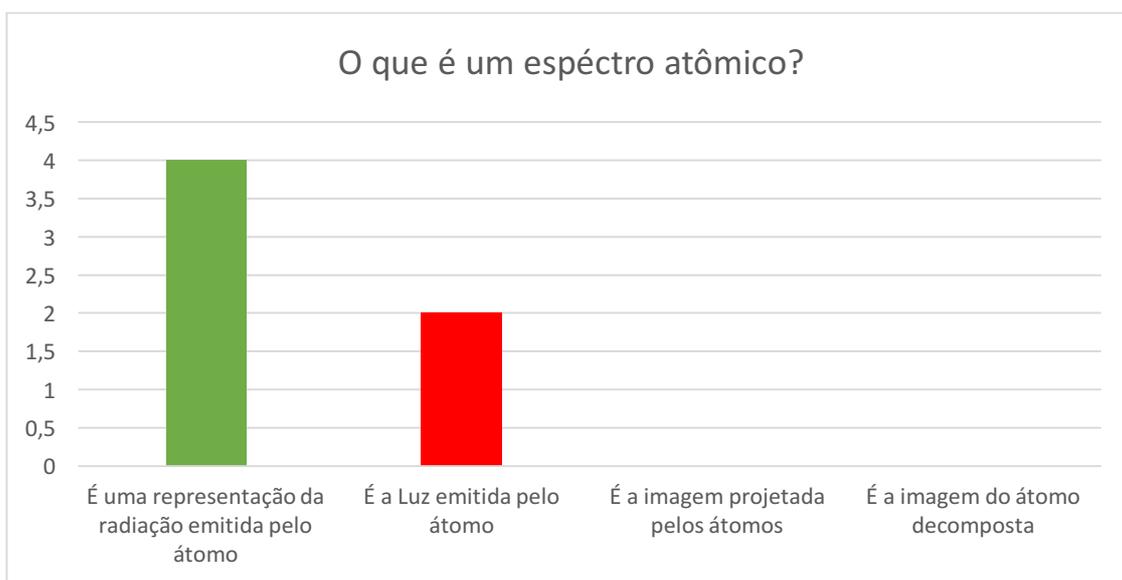


Figura 17 - Resultados da questão 8

Neste questionamento, por outro lado, pretendeu-se apenas averiguar algum conhecimento primitivo, ainda que empírico ou irregular, do conceito de espectros. A resposta correta recebeu por volta de 65% das escolhas, porém, houve apenas 6 grupos respondentes. O percentual apurado, considerando toda a população amostral corrige este índice para aproximadamente 57% de acertos, o que ainda se mostra um resultado satisfatório.

Correlacionando as perguntas 6 e 8, explorou-se, no quesito nono, a uniformidade e a universalidade da emissão espectral por todos os elementos atômicos conhecidos.

Espectros Atômicos	
Q9	Todos os átomos produzem espectros?
Correct answers	SIM
Players correct (%)	71,43%
Question duration	20 seconds
<b>Answer Summary</b>	
Answer options	▲ "SIM"    ◆ "NÃO"    ●    ■
Is answer correct?	✓    ✗
Number of answers received	5    2
Average time taken to answer (seconds)	3,81    6,77

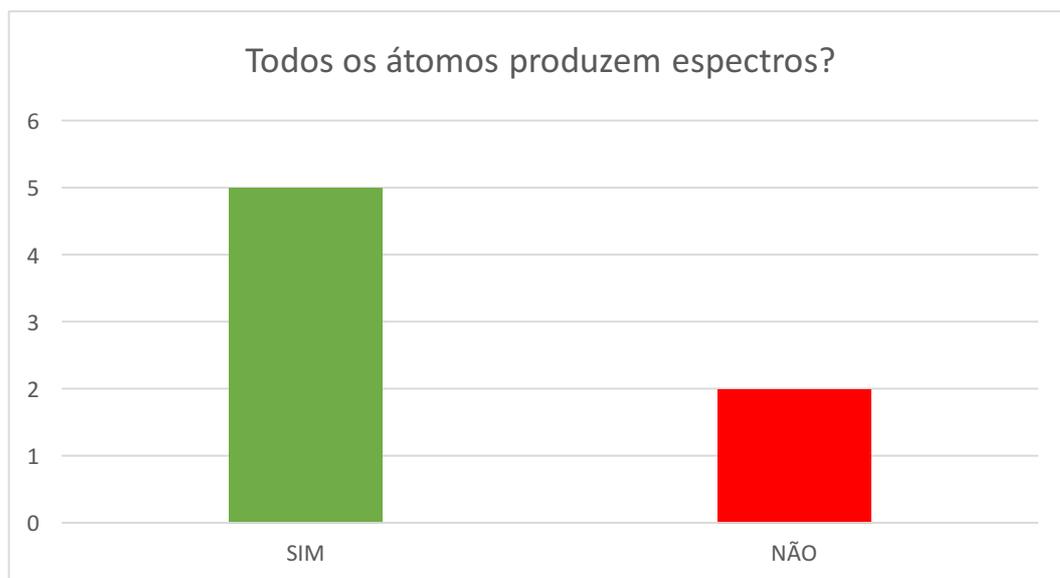


Figura 18 - Resultados da questão 9

Embora aparentemente desconexos, os enredos 6, 8 e 9 confabulam a ideia presente na pergunta 10. Aqui, a universalidade da emissão espectral sede espaço à singularidade dos espectros atômicos, conceito mais abrangente e particular desta propriedade natural da matéria.

Espectros Atômicos	
Q10	Todos os espectros são iguais? Elementos distintos podem ter o mesmo ESPECTRO?
Correct answers	Não, todos os átomos emitem o seu próprio e único espectro!
Players correct (%)	14,29%
Question duration	20 seconds
<b>Answer Summary</b>	
Answer options	▲ "SIM, todos os átomos emitem o mesmo espectro!"    ◆ "Não, todos os átomos emitem o seu próprio e único espectro!"    ● "SIM, é possível átomos distintos emitirem o mesmo espectro!"    ■ "Não, é possível átomos distintos emitirem o mesmo espectro!"
Is answer correct?	✗    ✓    ✗    ✗
Number of answers received	4    1    1    1

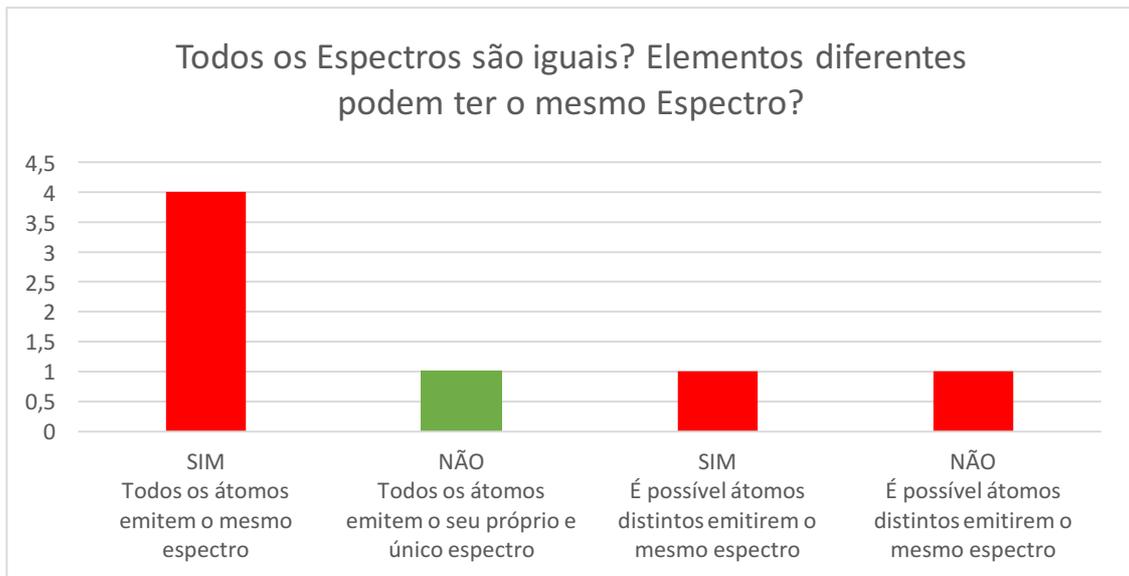


Figura 19 - Resultados da questão 10

Observa-se que a generalização dos conceitos explorados, confrontada com a singularidade de emissão para cada elemento, refletiram um conflito cognitivo no público de teste. A consequência desta divergência materializou-se nos percentuais de aproveitamento deste ponto.

A penúltima questão foi um pouco mais a fundo a respeito dos espectros, questionando suas classificações. A intenção nesse quesito foi apenas a de monitorar se poderia haver algum sujeito com o conhecimento mais organizado e profundo acerca do assunto estudado.

Espectros Atômicos				
Q11 Quantos tipos de espectros existem na natureza?				
Correct answers	Contínuo, de Absorção e de emissão!			
Players correct (%)	14,29%			
Question duration	20 seconds			
Answer Summary				
Answer options	▲	◆	●	■
	"Contínuo, de Absorção e de emissão!"	"de refração, de Absorção e de emissão!"	"de difração, de Absorção e de emissão!"	"de reflexão, de Absorção e de emissão!"
Is answer correct?	✓	✗	✗	✗
Number of answers received	1	4	0	2
Average time taken to answer (seconds)	6,39	12,47	0,00	10,49



Figura 20 - Resultados da questão 11

O padrão de dispersão das respostas, bem como o percentual de acerto; dentro da margem de aleatoriedade, revelam um desconhecimento do público sobre outras constituições mais refinadas dos espectros.

A décima segunda questão investigou aplicações tecnológicas dos espectros.

Espectros Atômicos				
Q12 Para que servem os espectros atômicos?				
Correct answers	Caracterização de materiais, amostras, composição de estrelas			
Players correct (%)	0,00%			
Question duration	20 seconds			
Answer Summary				
Answer options	▲ "Caracterização de materiais, amostras, composição de estrelas"	◆ "Caracterização da luz, amostras, composição de estrelas"	● "Caracterização da Luz, de amostras, raios lazeres"	■ "Caracterização da Luz, de materiais, raios lazeres"
Is answer correct?	✓	✗	✗	✗
Number of answers received	0	1	0	4

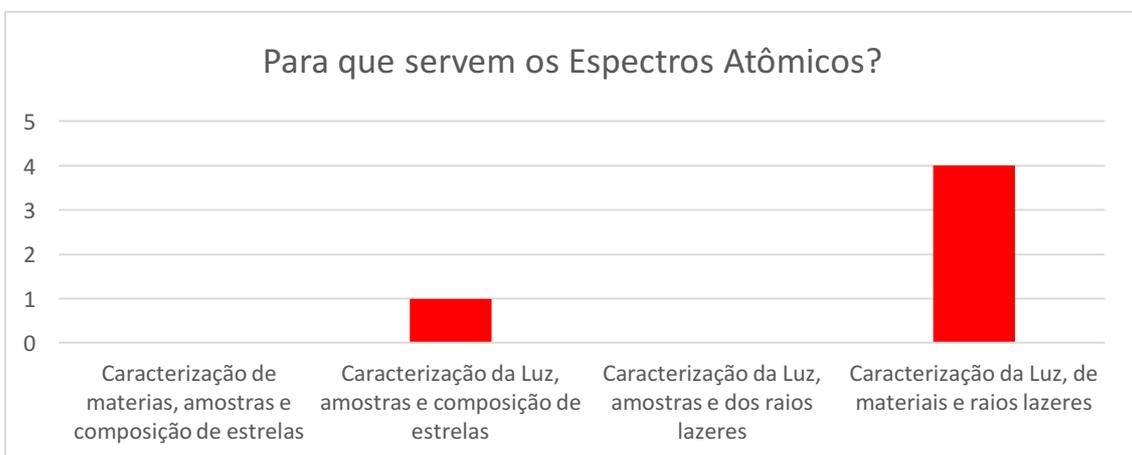


Figura 21 - Resultados da questão 12

### 5.3 Aplicação do aplicativo *SPECTRUM* – Aula Interativa

Consecutivamente à avaliação diagnóstica, deu-se início ao trabalho de aplicação com o aplicativo Spectrum.

Inicialmente, em sala de aula, os discentes foram orientados a fazer download do aplicativo<sup>11</sup>, disponível na loja virtual de aplicativos Google Play. Em seguida, os procedimentos iniciais de cadastro também foram explicitados.

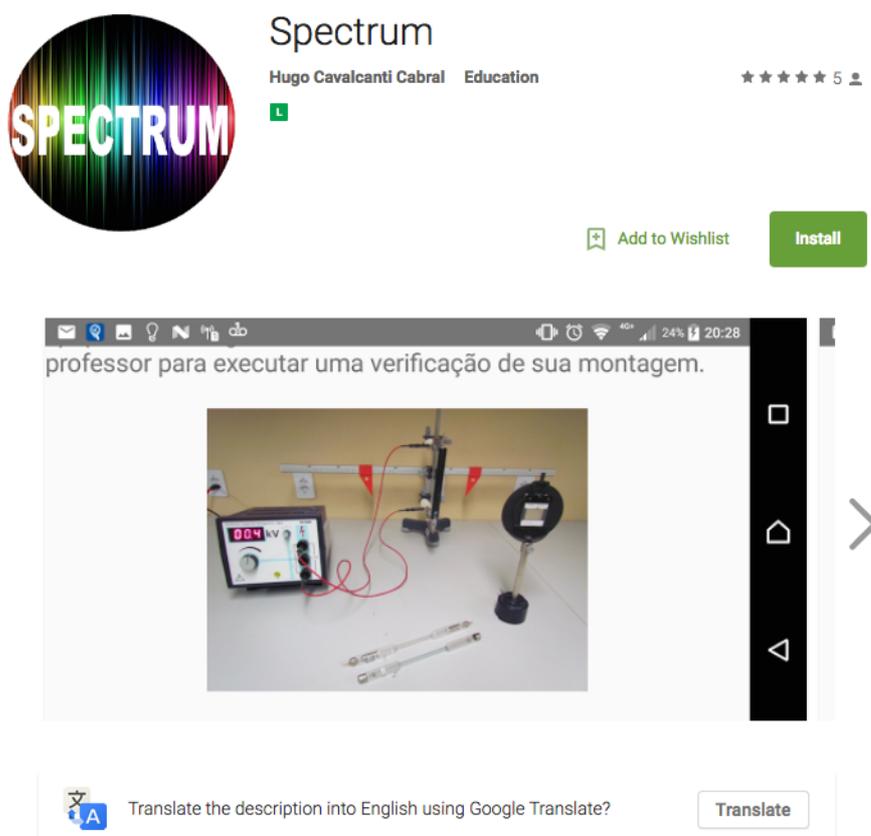


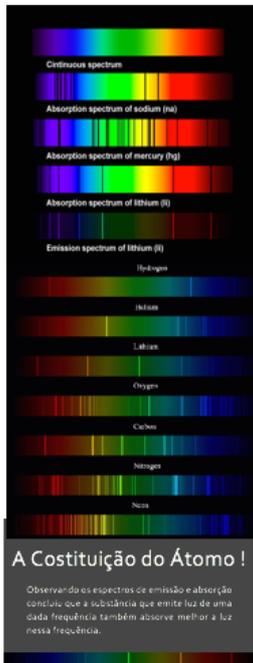
Figura 22 – Tela do aplicativo SPECTRUM na loja virtual Google Play

Efetuada o cadastro inicial, uma mensagem de verificação é enviada para o email cadastrado de cada discente. A partir desta mensagem, os usuários mostram-se habilitados a completar seus cadastros, o que os dará acesso futuramente a aula prática.

Como já supracitado, o enredo de aplicação desta proposta didática inicia-se com uma parte teórica, chamada “aula teórica”, sobre o tema a ser explorado na prática

<sup>11</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.examples.spectrum>

experimental. Os alunos ingressam pelo aplicativo e podem ter acesso a um texto organizado, produzido por esta pesquisa, contendo alguns aprofundamentos, informações e curiosidades sobre a origem da espectroscopia.



Um exemplo é o processo classificado por **espectroscopia**, que envolve descargas em gases inertes, a partir da qual foram descobertos os raios catódicos, em 1869 – mais tarde identificados como elétrons, e os raios X. [2].

Cada elemento químico dá origem a um espectro de emissão característica, como se fosse uma espécie de “impressão digital”, única para cada elemento. Os espectros atômicos podem ser divididos em três categorias:

- **Espectros contínuos:** emitidos principalmente pelos sólidos incandescentes, não apresentam linhas, nem claras nem escuras, mesmo nos espectroscópios de alta resolução.
- **Espectros de Absorção:** Corresponde a fração da radiação incidente absorvida pelo material numa gama de frequências. Ele é determinado primeiramente pela composição atômica e molecular do material. É mais provável que a radiação seja absorvida em frequências que correspondam à diferença de energia entre dois estados quânticos das moléculas. A absorção que ocorre devido a uma transição entre dois estados.
- **Espectros de Emissão:** Energia liberada sob a forma de radiação eletromagnética. A emissão pode ocorrer a qualquer frequência cuja absorção também possa ocorrer. Isto permite que as linhas de absorção sejam determinadas a partir de um espectro de emissão. O espectro de emissão terá um padrão de intensidade bastante diferente do espectro de absorção.

Na linguagem da Física Atômica Moderna, o espectro de emissão de um elemento químico é a imagem da radiação eletromagnética emitida por seus átomos excitados ao retornarem ao seu estado energético normal. (CARUSO e OGURI, 2016, 227-228).

Essa conclusão, parecia reforçar a ideia de que os fenômenos de emissão e absorção seriam devidos a uma espécie de **ressonância** entre a radiação e os átomos de uma substância, ou seja, sugere que os **Átomos** seriam **sistemas compostos**.

Os **modelos atômicos**, nesse sentido, passaram a ser propostos na tentativa de dar uma explicação científica a formação dos espectros atômicos e justificar outros resultados experimentais observados.

Os principais modelos atômicos propostos estão relacionados abaixo. A sequência de suas proposições se ajustam ao surgimento de inconsistências não explicadas pelo modelo predecessor.

- **Modelo de Dalton (1807):** Considerava que todos os elementos químicos eram compostos de pequenas partículas, neutras, chamadas átomos. Estas partículas fundamentais, apresentavam propriedades idênticas para um mesmo elemento químico, e distintas entre elementos diferentes.
- **Modelo de Thomson (1904):** Considerava o átomo como uma distribuição esférica homogênea de cargas positivas, no interior da qual os elétrons estavam distribuídos uniformemente, em anéis concêntricos.
- **Modelo de Rutherford (1911):** Baseado em experimentos com partículas  $\alpha$ , sua hipótese considerava um modelo de **átomo nuclear**. Ou seja, um pequeno **núcleo atômico** central continha uma carga “+Ze”, envolto por uma distribuição uniforme de carga “-Ze”, **eletrosfera**, em uma esfera de raio bem maior que o diâmetro do núcleo.
- **Modelo de Bohr (1913):** Na busca por explicar a instabilidade do modelo de Rutherford, introduziu regras da mecânica quântica, estados estacionários de energias quantizadas, e postulou um **princípio de correspondência** limite em relação aos resultados clássicos.

“Foram essas observações que primeiro levaram à conclusão de que o espectro implicava que os átomos tivessem estrutura, ou seja, fossem um sistema capaz de executar movimentos internos de vibração”. (James Clerk Maxwell sobre o ATÓMO e OGLUI, 2016)

As primeiras investigações sistemáticas do espectro de emissão de um elemento químico iniciaram-se em 1814 com o alemão Joseph Fraunhofer. Ele classificou as linhas escuras, posteriormente denominadas linhas de Fraunhofer, no meio do arco-íris de cores do espectro solar.

➤ **Espectro Solar – Linhas de Fraunhofer**

Figura 9: Linhas de Fraunhofer. Fonte: www.wikipedia.org

Vale ressaltar, por fim, que a investigação dos espectros atômicos serviu também para estabelecer que somente certos níveis discretos de energia são possíveis para emissão ou absorção de um átomo ou uma molécula, tal como proposto pelo modelo atômico de Rutherford – Bohr.

O espectro de linha mais simples é o do átomo de hidrogênio, e muito esforço foi dedicado ao entendimento do padrão de comprimentos de onda que ele contém.

A nova constante introduzida,  $R_H = 1,09737 \times 10^8 \text{ cm}^{-1}$ , é a chamada **constante de Rydberg** para o átomo de hidrogênio.

Outros conjuntos de linhas espectrais, em regiões não visíveis do espectro eletromagnético, puderam ser descritas pela generalização da fórmula de Balmer, feita por Rydberg e pelo suíço Walter Ritz (Figura 6).

**Série de Lyman (1906 - 1914)**  
Faixa Espectral: ULTRAVIOLETA  
( $m = 1; n = 2, 3, \dots$ )

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ (III)}$$

**Série de Balmer (1885)**  
Faixa Espectral: ULTRAVIOLETA - VISÍVEL  
( $m = 2; n = 3, 4, \dots$ )

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ (IV)}$$

**Série de Paschen (1906)**  
Faixa Espectral: INFRAVERMELHO  
( $m = 3; n = 4, 5, \dots$ )

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ (V)}$$

**Série de Pfund (1924)**  
Faixa Espectral: INFRAVERMELHO  
( $m = 5; n = 6, 7, \dots$ )

Figura 23 – Recortes de partes da aula teórica no aplicativo

Benefício da utilização de tabletes como roteiro interativo, o texto teórico mostra-se recheado com links externos que, se clicados, conduzem os discentes a websites onde eles poderão explorar para além do texto proposto.

A aula teórica comporta um tempo de execução de uma (1) semana. Observando o caráter self-learning desta proposta didática, contudo, a ocupação de leitura e entendimento do texto deve ser realizada de modo não presencial, cada discente no seu

próprio tempo. Nesse período, os alunos deverão integralizar o cumprimento da aula teórica e proceder com o agendamento de suas práticas experimentais. O professor pode ser contatado a qualquer momento, sobre dúvidas de conteúdo ou outros questionamentos diretamente pelo aplicativo, através do envio de mensagens por e-mail.

Com antecedência de duas horas para o início da aula prática, os discentes já podem ter acesso ao roteiro experimental interativo que cumprirão em laboratório. Este roteiro, também autoral, apresenta os objetivos da realização do experimento, as atividades por ele propostas, o aparato experimental utilizado e os procedimentos experimentais da atividade, estes divididos em vinte passos de execução.

Para que se eliminasse, por outro lado, a necessidade de mais de um envio de relatório, ou mesmo agendamento de data e hora para a prática experimental, foi orientado aos grupos que cada um deles estabelecesse a figura de um líder. Todos os procedimentos execução necessários ao experimento passam a ser capitaneados a partir da conta deste líder.

Concernente aos procedimentos experimentais, por sua vez, o roteiro busca graduar a abordagem acerca do tema intercalando-o com a realização da prática experimental e a interação mediada entre os recursos multimídias do tablet e o aparato experimental.

Embora tenham sido produzidos vídeos<sup>12,13</sup> demonstrativos de algumas etapas da montagem e manipulações do aparato experimental, o professor se fez presente no ambiente de laboratório durante toda a prática. Sua responsabilidade mostra-se exclusivamente em mediar desde a manipulação dos instrumentos até a supervisão dos procedimentos de segurança e conduta no espaço laboratorial. Qualquer outro tipo de intervenção, por parte do docente, foi limitada, no intuito de se garantir um maior grau investigativo ao experimento, bem como o caráter self-learning da plataforma.

Uma pequena recepção e introdução é repassada ao grupo de alunos do horário, orientando-os a dar início ao trabalho experimental. Posteriormente, é a sequência proposta pelo roteiro quem conduz, de forma gradativa, os experimentadores pela prática.

Na primeira parte do experimento (passos experimentais de 1 a 4), os discentes são orientados a como proceder para a colocação da grade de difração, necessária a

<sup>12</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=PflastYHUSE>

<sup>13</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=INcslc7Nrdo&feature=youtube>

visualização dos espectros atômicos, junto à câmera fotográfica do tablet. Esse procedimento, por se mostrar fundamental durante toda a prática experimental, foi orientado logo no início da prática. A primeira atividade proposta pelo roteiro figura na obtenção de uma foto com a grade de difração fixada no dispositivo.

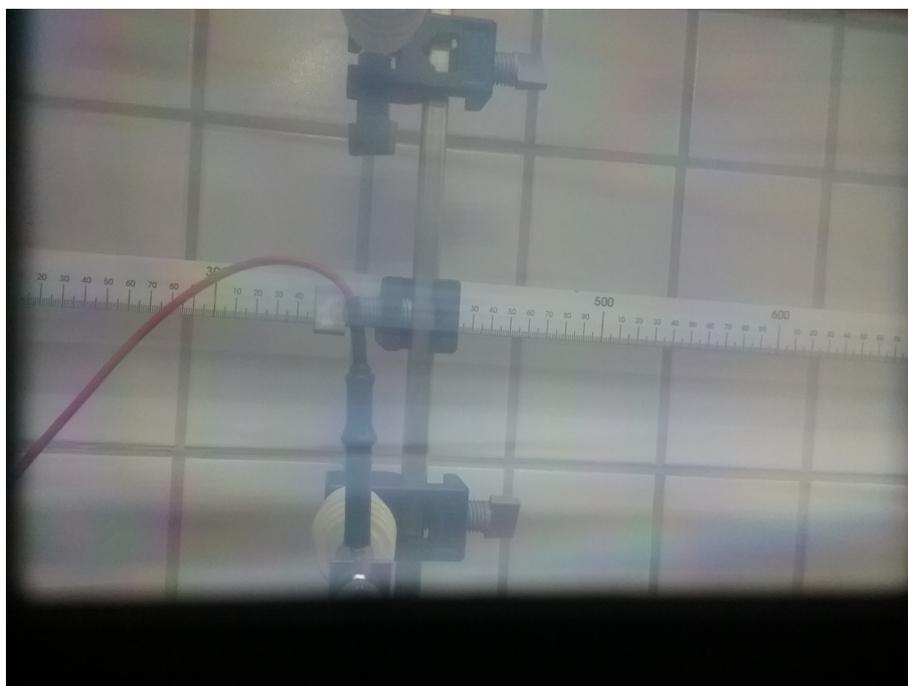


Figura 24 – Imagem do experimento obtida através da rede de difração

Imagens semelhantes às da figura 25 foram obtidas. Alguns comentários, tais como: “ficou meio turva a imagem...”, “para que precisamos colocar isso, se a imagem fica pior?”, foram levantados. Isso denota alguns dos participantes ainda não reconheciam a utilidade daquela ferramenta de dispersão.

Logo em seguida, o roteiro interativo solicita que os discentes acionem a câmera do dispositivo e apontem o conjunto tablet + grade de difração para alguma fonte de luz branca. Sugeriu-se, pois, as luminárias do próprio laboratório ou mesmo o Sol. Os discentes, nesse sentido, puderam circular livremente pelo laboratório, ou mesmo sair dele, para que fizessem fotos dos espectros revelados.

A versatilidade de um roteiro interativo fez-se mostrar sobremaneira nesta ocasião, os alunos puderam buscar várias fontes distintas de luz branca, fazendo várias fotos destas, sem a necessidade de sair do roteiro de sua prática e podendo melhorar ainda mais suas produções, como ilustram a figura 26 abaixo.



Figura 25 – Imagens do espectro contínuo de lâmpada fluorescente e do sol.

Nesse contexto, puderam compreender a necessidade da rede de difração para a visualização dos espectros. Observou-se a sensação de surpresa na postura dos alunos, ao visualizarem os espectros, bem como uma motivação ao buscarem, cada vez mais, novos ângulos e fontes para uma melhor foto do espectro contínuo.



Figura 26 – Alunos obtendo as imagens do espectro da lâmpada fluorescente

Em seguida, foi pedido aos experimentadores que relatassem e comparassem, com a utilização de áudios e vídeos, as características e propriedades do espectro visualizado. Para tanto, o roteiro traz, no passo 5, uma ilustração de um espectro contínuo retirada da literatura.

Áudios e vídeos foram produzidos nesse sentido e diversas formas de respostas foram observadas. Este tipo de questionamento, por sua vez, quando se eram exploradas dos alunos suas habilidades de síntese, análise e descrição figuraram como as causadoras de dúvidas. Seja por inibição ou por falta de prática em tais situações, a maioria dos alunos

buscou o professor para perguntar como poderiam melhor responder àquele questionamento. Para garantir a fidedignidade da proposta didática, na perspectiva self-learning, apenas foi orientado que os discentes deveriam confabular entre si, explorando as características do fenômeno observado e, em seguida, descrevê-lo de forma sintética relatando suas propriedades. Orientou-se, também, que os discentes poderiam retornar à aula teórica para auxiliar suas análises.

Observou-se que a maioria dos grupos pôde, de fato, reconhecer suas fotos acertadamente adequada a de um espectro de luz contínuo, onde podem ser visualizadas as faixas de cores do espectro visível das ondas eletromagnéticas. Algumas respostas e analogias foram traçadas com o fenômeno do arco-íris:

*“nós visualizamos um espectro contínuo de cores, parecido com um arco-íris onde podemos ver todas as cores dele”.*

Em seguida, os procedimentos experimentais voltam-se mais detidamente para o aparato experimental. Foi utilizada uma planta PHYWE, referência P2511300, dedicada à análise espectrográfica.



Figura 27 – Experimento PHYWE de espectros atômicos e série de Balmer

Para efeitos de praticidade e visando a preservação dos equipamentos, os discentes receberam o aparato experimental praticamente montado, com a bancada ainda sem energia. Optou-se por esta metodologia, também, para que não se fosse dado ênfase à montagem dos equipamentos e sim ao fenômeno a ser explorado. As funções de energizar

a bancada, no entanto, bem como regular a fonte de tensão para a voltagem adequada ficou a cargo dos discentes.

Nesta etapa do procedimento, os experimentadores puderam, após energizarem suas bancadas e regularem a fonte de tensão para a voltagem de cerca de 5 KV, visualizar o espectro atômico de duas lâmpadas distintas de vapor metálico. Um vídeo exclusivo com esta manipulação foi produzido.

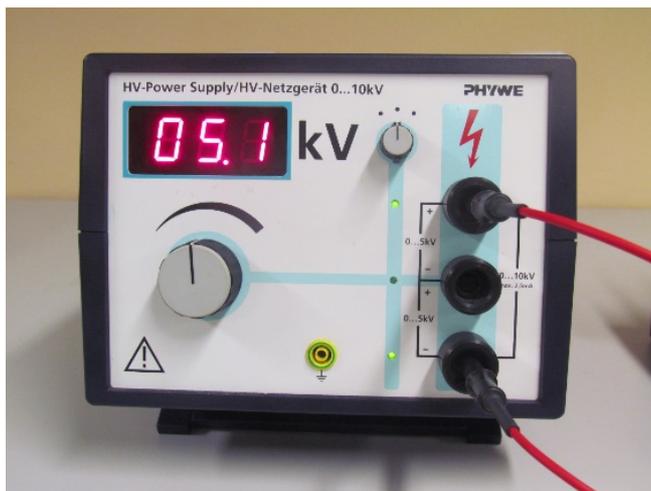


Figura 28 – Fonte de alta tensão utilizada

Orientados pelo roteiro interativos, percebeu-se bastante autonomia por parte dos alunos no cumprimento das atividades propostas. Algumas orientações ou intervenções, todavia, mostraram-se necessárias em alguns momentos, tais como acerca do melhor ângulo de ajuste do tablet para a melhor visualização dos espectros e substituição do bulbo espectral para a segunda observação.



Figura 29 – Alunos utilizando o aplicativo durante a segunda observação

A cada lâmpada excitada, a visualização de um novo espectro se constituía, estes agora discretos, esboçando o espectro de emissão característico daquele elemento atômico. Para cada uma das observações espectrais propostas, os alunos eram convidados a fotografar e descrever, através dos recursos audiovisuais do roteiro, as características e propriedades do novo tipo de espectros agora obtido, tal como haviam procedido para o espectro contínuo. Alguns exemplos de imagens obtidas são expostos abaixo.

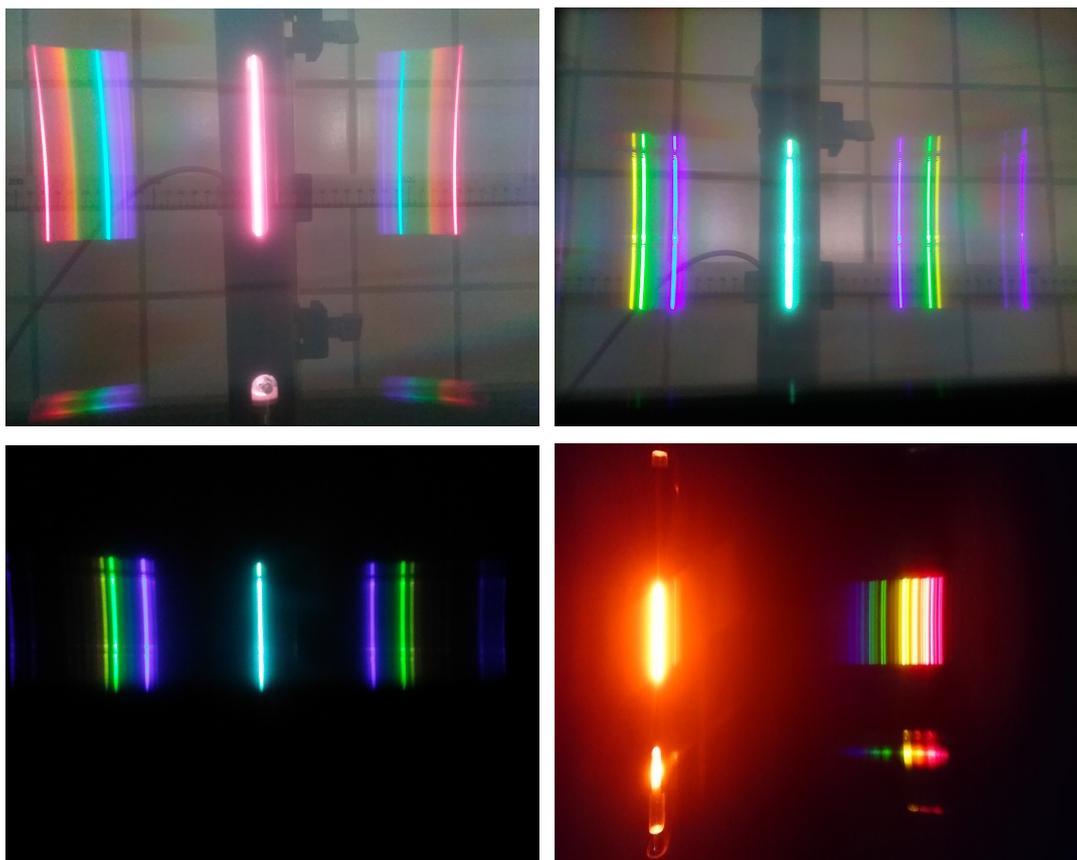


Figura 30 – Algumas imagens obtidas pelos estudantes

Quanto a análise e descrição dos espectros obtidos, boa parte dos grupos souberam reconhecer se tratar de espectro de emissão, em reforço ao aprendizado proporcionado aula teórica. Houve comentários do tipo:

*“é possível visualizar cores específicas, não mais um espectro contínuo e sim um de emissão”;*

*“podemos observar, agora, um espectro de emissão, que é discreto, com raias espectrais mais intensas nas cores violeta, verde e amarelado”.*

Ilustrações teóricas dos espectros de Hidrogênio e Mercúrio – únicos bulbos utilizados no experimento – foram adicionadas ao roteiro com intuito de subsidiar a análise comparativa com as imagens obtidas experimentalmente. Essa foi a atividade proposta pela questão 21 do roteiro. Algumas respostas, tais como:

*“observamos que as cores das linhas espectrais obtidas na aula prática são semelhantes ao teórico”; “o espectro mercúrio está bem parecido com o teórico, só não aparece muito os tons de vermelho. No espectro do hidrogênio está praticamente idêntico ao teórico”.*

No elemento 22 do procedimento experimental, pedia-se para que os discentes comparassem os três espectros obtidos (contínuo e de emissões) entre si, apontando suas diferenças. Algumas respostas chamam atenção para o nível de entendimento obtido:

*“... por se tratarem de elementos diferentes os níveis de energia alcançados mudam, fazendo com que os espectros observados também mudem”;*

*“percebemos que na luz branca aparece um espectro contínuo, com todas as faixas de cores, enquanto nas lâmpadas o espectro é contínuo, com cores específicas para cada elemento”.*

Como última questão, por fim, buscou-se investigar a consideração dos participantes com relação a prática experimental e o grau de satisfação do uso de um roteiro experimental interativo. Algumas respostas são expostas abaixo.

*“a prática experimental para a gente foi muito proveitosa, pois nós tivemos a oportunidade de observar os espectros e registrá-los ao mesmo tempo”.*

*“nós achamos que o aplicativo facilitou a visualização dos espectros e ajudou na hora das análises, deixando nosso aprendizado mais eficaz”.*

*“a aula foi bem proveitosa, porque a gente conseguiu fazer uma comparação bem clara da parte teórica com a experimental. E também ajudou bastante a questão do relatório, porque a gente pode relatar tudo o que a gente fez, tudo que a gente viu. Foi bastante proveitosa a metodologia!”.*

*“Com esse aplicativo conseguimos ter uma melhor compreensão dos espectros atômicos e podemos visualizá-los de uma forma bem simples...”*

*“Foi mais prático que outras aulas experimentais que já tivemos, porque podemos descrever melhor o que víamos e com o tablet da pra tirar fotos e fazer vídeos”*

*“A aula experimental para a observação dos espectros, foi atrativa ao ponto de aprender e observar os diferentes tipos de espectros. O aplicativo foi acessível para nós alunos.*

*“A prática experimental é, de fato, um ótimo método de aprendizagem, que associado ao aplicativo em questão se torna um eficiente método de relatar e perceber como a teoria e a prática funcionam”*

No concernente a aplicação da proposta didática junto ao público de licenciatura, este momento teve por intento objetivo distinto ao pretendido com a aplicação no Ensino Médio. O intuito, aqui, mostrou-se no sentido de apresentar a proposta para alunos concluintes do Curso de Física, bem como desenvolver com eles um momento de discussão e avaliação da proposta, acolhendo as sugestões oferecidas e estimulando os futuros professores a iniciativas metodológicas que visem o aperfeiçoamento das práticas educacionais em física.

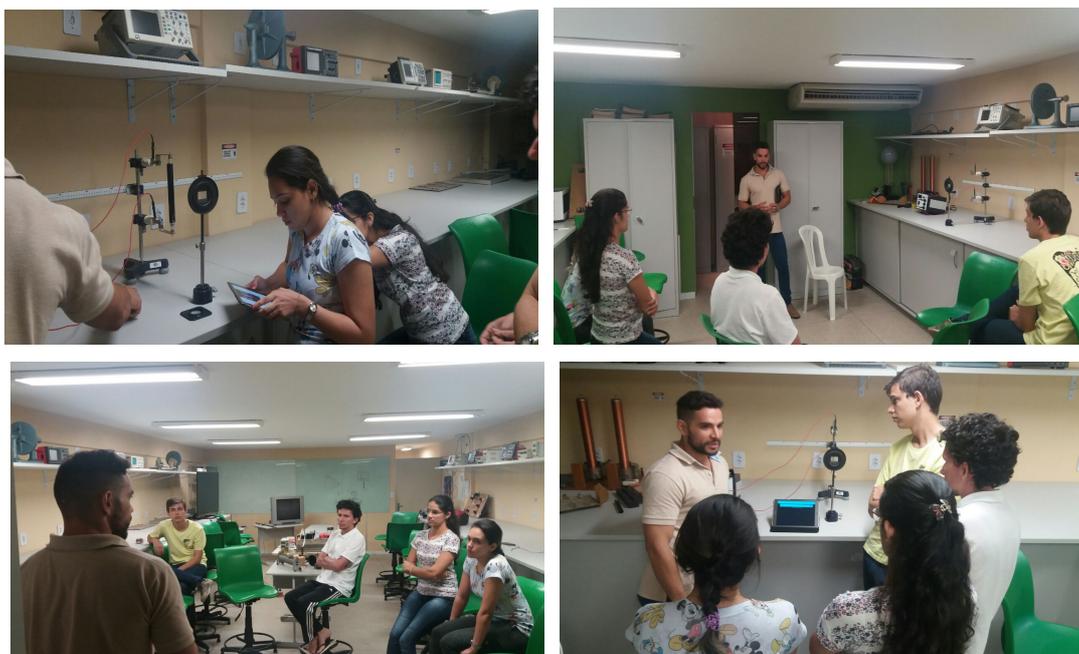


Figura 31 – Demonstração do uso do aplicativo para alunos do último período da Licenciatura em Física

A abordagem, nesse sentido, foi dialógica, apresentando as funcionalidades e objetos do aplicativo, bem como a sequência cuja prática experimental foi pensada. Os licenciados foram convidados a interagir com o dispositivo e executar os procedimentos tal como os alunos no Ensino Médio.

Algumas sugestões de melhorias foram propostas – e levadas em consideração – pelos colegas graduandos. Por exemplo, foi aconselhada a repetição das fotos feitas no procedimento experimental logo abaixo das representações teóricas dos espectros visualizados. Isto permitiu que a comparação entre os elementos espectrais se desse de forma mais fácil, sem a necessidade do uso do cursor, subindo e descendo várias vezes para a localização das figuras.

Outro ponto melhorado, por sugestão deste público, foi com relação aos ícones dos áudios, fotos e vídeos, que poderiam aparecer dentro do espaço da caixa de resposta, não acima ou abaixo deste. Esta diligência ainda não se mostrou implementada no aplicativo.

Como avaliação da proposta didática, elemento 23 do procedimento experimental, os licenciados optaram pela modalidade textual em suas considerações. O texto submetido é exposto a seguir:

*“A prática desenvolvida a partir do experimento acima, nos possibilitou amplo conhecimento sobre a área da Física voltada para o estudo de espectros de maneira mais dinâmica. Essa nova metodologia de ensino nos propiciou o uso de ferramentas visuais para identificarmos diferentes espectros e poder analisá-los mais facilmente, de modo que a compreensão da matéria se tornasse mais fácil. Os roteiros virtuais introduzidos na prática nos incitaram a permanecer em uma linha de raciocínio, de forma que o conhecimento foi obtido de maneira mais objetiva. As contribuições que essa prática pode trazer para o ensino de física se expandem às vivências do contexto escolar, pois é uma prática dinâmica que nos envolve e nos cativa”.*

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esperamos, por fim, que essa proposta didática mostre-se adequada como modelo de aprendizagem combinada, integrando uma variedade de métodos de aprendizagem e fornecendo boas ferramentas, estratégias e novas possibilidades para se trabalhar experimentalmente com o tópicos de FMC, de forma crítica e analítica em laboratórios de ensino médio.

A ocupação experimental, por sua vez, foi misturada com técnicas de aprendizagem self learning e tecnologias multi-plataforma proporcionadas pelos tablets. A combinação desses elementos contribuiu para facilitar a execução das práticas experimentais e a utilização organizada dos ambientes de laboratório. Agregou-se, possivelmente, valor crítico e colaborativo às experimentações, desenvolvendo motivação, autonomia e envolvimento.

No decorrer do processo de aplicação, as atividades experimentais mostraram-se conduzidas de maneira a destacar os discentes como reais protagonistas de seus processos de aprendizagem, utilizando os recursos multimídia proporcionados pelo tablete para interagir e explorar o experimento a cada momento.

Outro ponto que merece destaque está relacionado à proximidade que ocorre entre os dispositivos móveis e o cotidiano vivenciado pelos discentes. A interação existente proporciona um estímulo que instiga cada vez mais o grupo envolvido nas atividades e traz ao processo de ensino-aprendizagem prazer, motivação para aprender, autonomia e curiosidade para pesquisar e compreender as dúvidas existentes.

No concernente aos objetivos almejados para este produto educacional, reconhecemos, pois, tê-los atingidos satisfatoriamente. Foi elaborada uma proposta didática que, por intermédio de um aplicativo e um dispositivo móvel, proporcionou aos discentes um novo estilo de aprendizagem – self learning – autoguiada e instruída.

Os recursos multimídia providenciados pelo roteiro experimental interativo aumentou as potencialidades de exploração dos fenômenos representados nas práticas experimentais, além de possibilitar um melhor aproveitamento e organização do ambiente de laboratório com os agendamentos de horário.

A dinâmica durante as aulas experimentais foi notadamente mais envolvente e motivada. Os discentes atuavam de forma autônoma, porém, colaborativa na organização dos procedimentos experimentais e preenchimento dos relatórios de prática. A facilidade

e praticidade do envio destes relatórios, logo após a execução do experimento, também foi apreciado pelos discentes.

Acreditamos, ainda, ter podido, por intermédio deste produto educacional, fomentar a introdução e uso de recursos tecnológicos como ferramentas auxiliares nos processos de ensino e aprendizagem, inclusive para o viés experimental, bem como despertar e/ou incentivar, através da demonstração para os graduandos da Licenciatura em Física, o interesse e a motivação de outras iniciativas neste sentido.

Pela abordagem teórica e experimental de tópicos de física moderna no Ensino Médio, esta proposta didática coloca-se como uma alternativa para contribuir com o fortalecimento e reinserção destes conteúdos neste nível educacional. Disponibiliza, pois, um material didático, bem como um software aplicativo, como sugestão de aplicação.

Gostaríamos de sugerir, como perspectiva de trabalhos futuros, que a proposta para esses manuais interativos possa ser ampliada para outras áreas e tópicos em física, visando sempre o benefício e a melhoria das práxis de ensino e aprendizagem em física complementada por práticas experimentais.

Outra sugestão relevante para pesquisas futuras, é bem de ver, reside na investigação fidedigna de ganhos de aprendizagem proporcionados pela aplicação deste produto educacional.

Como sugestões de melhorias a esta proposta didática, aquelas que não puderam ser executadas no escopo da aplicação apresentada neste documento, salienta-se a importância de uma verificação de aprendizagem após o término das aulas teóricas, como pré-requisito para a execução da aula prática. Esta avaliação poderia compor a própria aula teórica e seria submetida via aplicativo. Outras sugestões que podem ser consideradas seriam por novas possibilidades de metodologias de aplicação, utilizando um grupo controle e um grupo teste, para a verificação das diferenças em cada amostra.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, abr./jun. 2003.

ARRUDA, S. M., TOGINHO FILHO, D. O. Laboratório caseiro de física moderna. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 232236, dez. 1991.

AXT, Rolando, O papel da experimentação no ensino de ciências, em Moreira, M.A. e Axt, R., **Tópicos em Ensino de Ciências**, Sagra, 1991. p. 79-80.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n.3: p.313, 2002.

BRAGA, Marcia de Melo. Eletromagnetismo abordado de forma conceitual. Porto Alegre: UFRGS, 2004. **Dissertação (Mestrado)** – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/mpef/mestrados/Macia\\_deM\\_Braga\\_2004.pdf](http://www.if.ufrgs.br/mpef/mestrados/Macia_deM_Braga_2004.pdf)

BRASIL, MEC, SEB. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEB, 2006.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília: MEC, 2000.

C. A. Canizares , Z. T. Faur, Advantages and disadvantages of using various computer tools in electrical engineering courses, **IEEE Transactions on Education**, v.40 n.3, p.166-171, August 1997 [doi>10.1109/13.618025]

CLAESSON, L.. **Remote Electronic and Acoustic Laboratories in Upper Secondary Schools**, 2014.

CLEMENT, Luiz Clement & TERRAZZAN, Eduardo A. Terrazzan. Considerações sobre a prática docente no desenvolvimento de atividades didáticas de resoluções de problemas em aulas de física. **IX EPEF**

DUNE, P., COSTICH, D., O’SULLIVAN, S. Measurement of the mean lifetime of cosmic ray muons in the Alevel laboratory. **Physics Education, Bristol**, v. 33, n. 5, p. 296-302, Sept. 1998.

ENSINO DE FÍSICA NO NÍVEL MÉDIO: TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E EXPERIMENTAÇÃO, Denis Rafael de Oliveira Pereira e Oderli Aguiar, 2006, **Revista Ponto De Vista**, vol 3, pg 65

GASPAR, A. **Experiência no ensino da física**, 4º edição. Editora Ática, 1996, 232p.

GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental**. São Paulo: Ática, 2005.

HERNÁNDEZ, F. **A organização do currículo por projetos de trabalho**. 5. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HERNÁNDEZ, F. **O tempo nos projetos de trabalho. Pátio: revista pedagógica**, Porto Alegre v. 8, n. 30, p. 12-15, maio/jul. 2004

HORN, Michael B., Staker, Heather. **Blended: Using Disruptive Innovation to Improve Schools**. 1. ed. Jossey-Bass, 2014.

KAWAMURA & HOUSOUME, Maria Regina Dubeux Kawamura e Yassuko Hosoume, A Contribuição da Física para O novo Ensino Médio, **Física na Escola**, v. 4, n.2, 2003

Lang, J. (2012). Comparative study of hands-on and remote physics labs for first year university level physics students. **Transformative Dialogues: Teaching and Learning Journal**, 6(1), 1e25.

MOREIRA, M. A. (2012). O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA? **Revista Currículum**, La Laguna, 25: 29-56

NEDIC, Z., MachotkA, J., NAFALSKI, A.. **Remote Laboratories Versus Virtual And Real Laboratories**. 2003.

OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. Tópicos de física contemporânea na escola média brasileira: um estudo com a técnica Delphi. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 6., 1998, Florianópolis. Atas. Florianópolis: Imprensa UFSC, 1998. 19p. [Seção de Comunicações Orais] 1 CDRom.

PESSANHA M. C. R., COZENDEY S. G., SOUZA, M. O.. Desenvolvimento de uma ferramenta para o ensino de física experimental a distância, **Revista Brasileira de Ensino de Física** v. 32, n. 4, 4503, 2010.

PESSOA, O. F.; GEVERTZ, R.; SILVA, A. G. **Como ensinar ciências**. São Paulo: Nacional, 1970.

PICCIANO Anthony G., DZIUBAN, Charles D.. Blended Learning Research Perspectives. United States of America : Sloan-C™, 2007.

PINHO-ALVES, J. Atividades experimentais: do método à prática construtivista. 302 t. **tese de Doutorado. PPGE/CED/UFSC-Florianópolis**, 2000a.

PINHO-ALVES, J. Regras de transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.17, n.2: p.174-188, 2000b.

RAMAL, A. C. A nova LDB: destaque, avanços e problemas. **Revista Educação CEAP**, n. 17, p. 05 – 21, jun. 1997.

SCHREURS, J., Al-Zoubi, A. Y.. **A Blended Learning Concept for Guided Self-Instruction**, 2007.

SÉRÉ, M. G. La enseñanza em el laboratorio? Qué podemos aprender em términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n.3, p.357-368, 2002.

SESTARI, F. B. **A construção e apropriação do conhecimento através das interações discentes e di-docente em projetos experimentais no ensino de Física**. 2013.

TERINI, R. A., CAVALCANTE, M. A., PAES, C. E. de B., VICENTE, V. E. J. de S. Utilização de métodos computacionais no ensino: a experiência de Geiger e Marsden do espalhamento de partículas alfa. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 11, n. 1, p. 3342, abr. 1994.

VALADARES, Eduardo de C.; MOREIRA, Alysson M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis**, v. 21, ed. especial: p. 359-371, nov.2004.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Polo 10 IFRN – Campus Natal Central



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO NORTE- IFRN

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

SPECTRUM – AULA INTERATIVA

**Ludnilson Antônio de Jesus Pereira**

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-Graduação (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte -IFRN) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador (a): Dsc. Jacques Cousteau da Silva  
Borges

Natal, 2017

P436s Pereira, Ludnilson Antônio de Jesus.  
Spectrum : Desenvolvimento de uma plataforma self-learning para ensino experimental de física no ensino médio / Ludnilson Antônio de Jesus, Jacques Causteu da Silva. – Natal : [s.n.], 2016.  
23 p. : il. color.

ISBN:

1. Ensino da Física – Ensino médio. 2. Física Moderna – Plataforma Self-learning. 3. Física Contemporânea. 4. Espectroscopia. I. Borges, Jacques Causteu da Silva. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 53:373.5

LUDNILSON ANTÔNIO DE JESUS PEREIRA

SPECTRUM – AULA INTERATIVA

1ª Edição

Natal - RN  
Edição do autor  
2017

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada à fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas à divulgação do conhecimento científico.

## APRESENTAÇÃO

Esta é uma proposta didática, baseada no estilo de autoaprendizagem (*self learning*), que tem por objetivo trabalhar experimentalmente tópicos de física moderna e contemporânea (FMC) no Ensino Médio. O produto educacional – desenvolvido durante o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) no pólo 10 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – fundamenta-se através de um software aplicativo: SPECTRUM – Aula Interativa, proposto para tablet-PCs, atuando como roteiro experimental interativo, multimídia e multiplataforma. Este manual descritivo contempla os detalhes técnicos do aplicativo desenvolvido, como: a sua composição e aplicação. As estratégias e ferramentas aqui sugeridas foram utilizadas em ambiente escolar, mas podem ser adequadas livremente à realidade e às necessidades do professor que optar por utilizá-la. O aplicativo implementado e utilizado está disponível gratuitamente na Internet (Play Store). A temática escolhida, sobre tópicos de FMC, mostra-se pouco explorada no âmbito educacional proposto, principalmente sob o viés experimental, embora a literatura na área revele os benefícios e a relevância da introdução destes conteúdos junto aos processos de ensino e aprendizagem em física.

## SUMÁRIO

<b>1 SPECTRUM – AULA INTERATIVA E UMA PROPOSTA DIDÁTICA DE APLICAÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.1 O APLICATIVO SPECTRUM – AULA INTERATIVA .....	8
<b>2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>13</b>
<b>3 A AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA.....</b>	<b>14</b>
<b>4 MOMENTO 1 - A AULA TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
<b>5 MOMENTO 2 – A AULA EXPERIMENTAL.....</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>20</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>23</b>

# 1 SPECTRUM – AULA INTERATIVA E UMA PROPOSTA DIDÁTICA DE APLICAÇÃO

## O APLICATIVO SPECTRUM – AULA INTERATIVA

O software desenvolvido funciona por meio de uma comunicação entre uma aplicação android (app) e um servidor de banco de dados. O aplicativo android foi totalmente desenvolvido durante o projeto, enquanto que para o servidor optou-se por um já existente, denominado Blackendless<sup>1</sup> (Fig. 3). Para o desenvolvimento do aplicativo, por fim, foi utilizado o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) Android Studio.

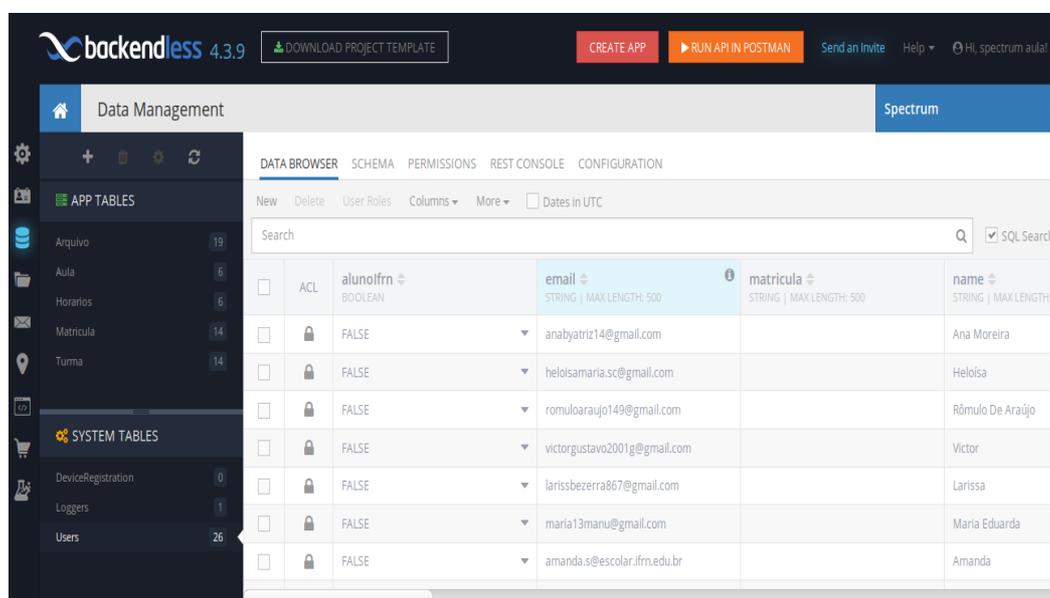


Figura 1 – Servidor Backendless

O app foi desenvolvido em linguagem Java, e para o seu melhor funcionamento foram utilizadas 3 bibliotecas externas, a saber: Picasso<sup>2</sup> para adição de imagens as aulas, Glide<sup>3</sup> para adição de gif as aulas e PhotoView<sup>4</sup> para melhor manipulação de imagens permitindo zoom in/out. Todas as outras funcionalidades do aplicativo foram desenvolvidas a partir de bibliotecas nativas do sistema Android.

1 <https://develop.backendless.com/>

2 <http://square.github.io/picasso/>

3 <https://bumptech.github.io/glide/>

4 <https://github.com/chrisbanes/PhotoView>

Para aumentar o alcance do aplicativo optou-se por utilizar a API 16 – que indica o nível de compatibilidade com os dispositivos Android existentes – como versão mínima, sendo assim mais dispositivos estariam compatíveis e seria possível alcançar um maior público de estudantes.

O funcionamento do app consiste basicamente de 3 diferentes funcionalidades principais:

- ✓ Registro/Login no aplicativo;
- ✓ Listagem/exibição das aulas;
- ✓ Agendamento de horário para as aulas.

Ainda é possível completar o cadastro do usuário. Esta funcionalidade existente apenas quando o usuário é identificado pelo professor como aluno da turma previamente cadastrada, junto ao banco de dados.



*Figura 2 – Login no sistema.*

Na aplicação, as aulas foram divididas em 2 tipos, **aulas práticas** e **aulas teóricas** (Fig. 5 e 6), sendo as aulas teóricas disponíveis para visualização por qualquer usuário que disponha o app, a qualquer momento. Esta aula tem por objetivo estudos teóricos acerca do tema da aula.

## Lesson 1

### Espectros Atômicos



### ➤ Espectro Solar - Linhas de Fraunhofer

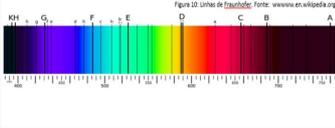
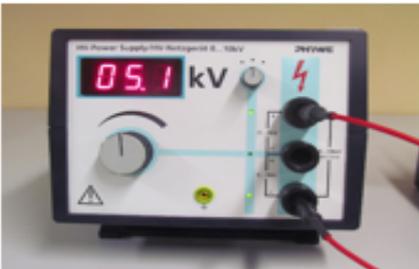


Figura 10 Linhas de Fraunhofer. Fonte: [www.es.wikipedia.org](http://www.es.wikipedia.org)

Vale ressaltar, por fim, que a investigação dos espectros atômicos serviu também para estabelecer que somente certos níveis discretos de energia são possíveis para emissão ou absorção de um átomo ou uma molécula tal como proposto pelo modelo

*Figura 3 – Aula teórica.*

As aulas práticas, porém, serão de acesso exclusivo dos alunos previamente cadastrados pelo docente, junto ao sistema de banco de dados e que tenham feito devidamente o agendamento de horário para a realização da prática experimental no laboratório de física.




- 13) Aproxime o conjunto Tablet + grade de difração do bulbo iluminado, alinhando-os a aproximadamente 50 cm e na mesma altura do tubo espectral.
- 14) Alinhe todo o sistema e o seu ângulo de visão até que o espectro emitido pela luz possa ser visualizado nitidamente sobre a escala métrica.
- 15) Faça uma foto e/ou um vídeo do espectro visualizado e relate (utilize áudio!) sobre suas características de cor e formato.
- 16) Meça a que distância da lâmpada encontram-se suas raias espectrais.

*Figura 4 – Aula prática*

A reserva de datas e horários, por sua vez, para a realização das aulas práticas, será realizada pelo próprio aplicativo, ou seja, cada grupo de discentes possui um horário exclusivo de acesso ao laboratório, selecionado em comum acordo com seus componentes. Esse ponto traz à tona o caráter de autonomia facultado aos discentes, na perspectiva do self-learning, bem como a otimização de uso dos espaços de laboratórios.



Figura 5 – Agendamento de aula prática

É durante as práticas experimentais, por outro lado, que o diferencial do uso de um 17ablete como roteiro interativo se revela. Os discentes são, passo a passo, estimulados a interagir com o experimento através do dispositivo – por meio da adição de áudios, vídeos, imagens ou textos explicativos – enquanto vão realizando sua prática experimental.

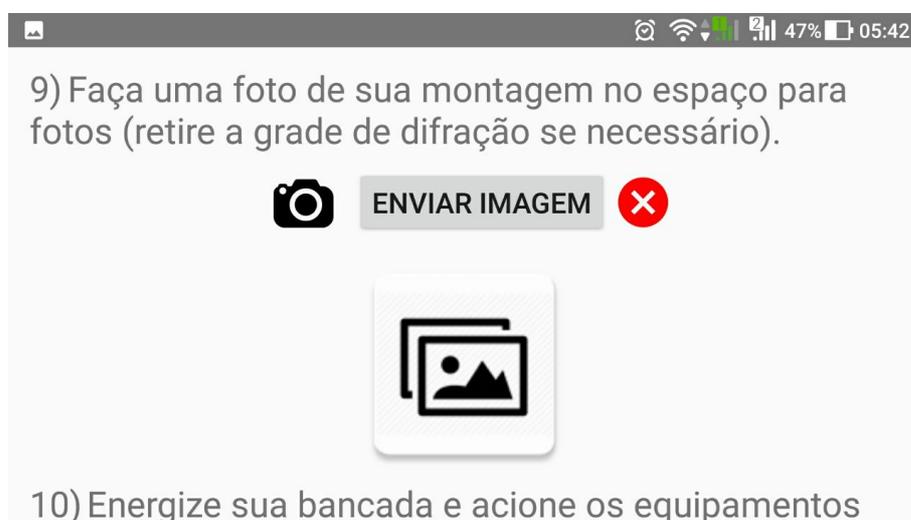


Figura 6 – Pergunta e resposta com imagem na aula prática.

O discente irá utilizar as ferramentas disponíveis nos dispositivos *Android* para adicionar os arquivos as suas respostas, seja utilizando câmera para filmar ou tirar fotos do experimento ou gravando um áudio explicativo, em todos os casos há um botão indicativo do tipo de arquivo que o discente deve adicionar como resposta em cada questionamento dos procedimentos experimentais.

Ao acionar um dos botões de resposta, conseqüentemente, o dispositivo irá direcionar o discente seja para câmera, para aquisição de fotos ou vídeos, bem como para o sistema de microfone, cuja gravação de áudio se torna imediatamente acionada.

O discente pode, ainda, clicar novamente sobre os ícones para submeter novamente uma nova resposta para a mesma questão, se julgar necessário. O aplicativo sobrescreverá a última resposta pela nova enviada. Ao final cada questão, porém, irá conter apenas a última resposta enviada pelo discente.

Para facilitar o entendimento do discente ao lado de cada ítem de adição de arquivo há um botão “ENVIAR ARQUIVO” que ao ser clicado irá pegar o arquivo adicionado pelo discente e salvá-lo na base de dados.



*Figura 7 – Pergunta e resposta com áudio na aula prática*

Para sinalizar ao discente, pois, que o arquivo foi enviado corretamente para a base de dados foi adicionado um ícone a direita de cada botão de envio. Caso o ícone estiver vermelho, isto significa que o discente ainda **não** enviou o arquivo referente aquela resposta ou que o arquivo não foi enviado com sucesso. Quando ocorrer o sucesso do envio, por outro lado, o ícone se tornará verde e uma mensagem será exibida para o discente (Fig. 9).

Cada resposta enviada pelo discente, todavia, será armazenada no banco de dados contendo chaves para identificação específicas de que discente enviou o arquivo, assim como a que aula e questão aquele arquivo se refere.

Ao término da aula o discente pode enviar o seu relatório de prática ao professor, que irá receber via e-mail um relatório final compilado com todas as respostas enviadas pelo discente, devidamente identificado, e salvo na base de dados do sistema.

## Resposta da Aula prática 1 - Espectros Atômicos do discente Prof. Ludnilson



Entrada x

Spectrum Aula <spectrumaula@gmail.com>

13 de nov

para mim, faz.sagarana

Caro professor(a), o discente Prof. Ludnilson acaba de responder a aula Aula prática 1 - Espectros Atômicos, segue em anexo as suas respostas.

17 anexos

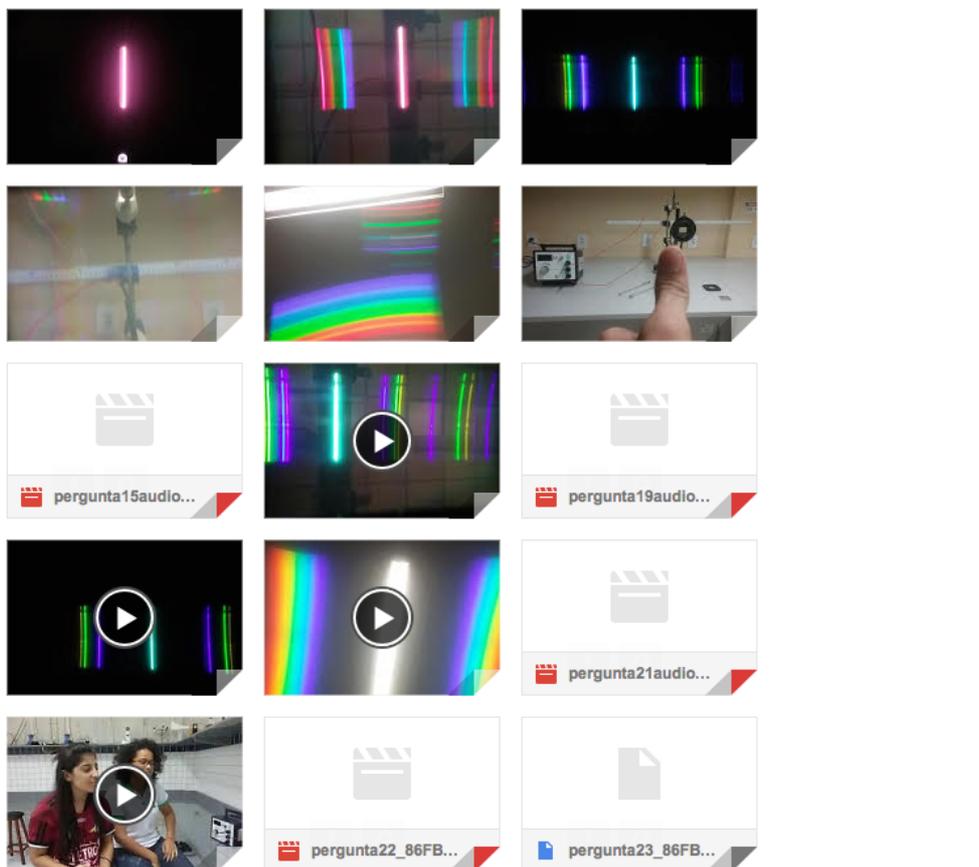


Figura 8 – Arquivos recebidos pelo professor, enviados pelo app ao termino da aula

Para um melhor funcionamento do sistema, todavia, optou-se por limitar os tamanhos dos vídeos a 30 segundos de duração, visto que vídeos tendem a crescer bastante o tamanho de armazenamento por relatório, o que dificultaria sobremaneira o envio, dependente de internet, para a base dados. As imagens, áudios e arquivos de texto, por outro lado, não costumam trazer problemas quanto aos seus tamanhos de armazenamento, portanto não houve nenhuma limitação de tamanho.

## 2 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A sequência metodológica para esta pesquisa organizou-se em quatro etapas: uma fase de elaboração da proposta didática e sua validação junto a alguns especialistas na área e na comunidade científica. Uma segunda fase, de implementação técnica, computacional, e de testes do software objeto deste produto educacional, o aplicativo mobile *SPECTRUM*. E, por fim, uma terceira e quarta fases que se encarregaram da aplicação integral desta proposta didática.

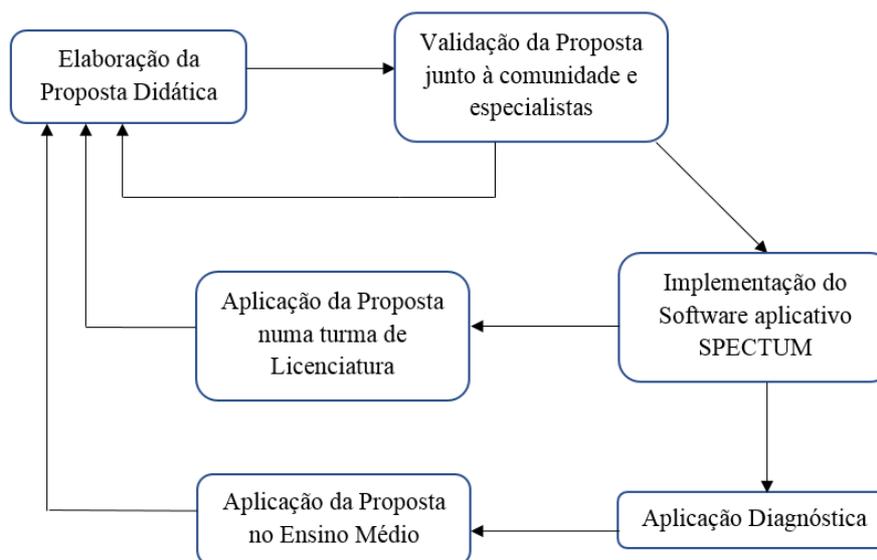


Figura 9 – Fluxograma da implementação do produto

A fase de implementação do aplicativo, voltado para dispositivos mobile (20ablete – Pcs), foi executada de forma a contemplar a integração entre as dimensões prática e experimental almejadas pela proposta didática.

Uma avaliação diagnóstica prévia, pensada como alicerce inicial para uma aplicação contextualizada desta proposta didática, figurou a terceira fase de aplicação do produto educacional. Essa aplicação deu-se por intermédio do software educacional KAHOOT<sup>5</sup>, em cujos participantes discentes interagem por meio de dispositivos mobile (celulares e tablets).

A proposta de abordagem, enfim, fez-se desenvolver com um grupo total de 36 alunos, todos regularmente matriculados na segunda série do Ensino Médio Técnico Integrado do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), no município de Canguaretama, pertencente à Microrregião do Litoral Sul, na Mesorregião do Leste Potiguar. Estes sujeitos eram dispostos, prioritariamente, em grupos de trabalho com no mínimo dois (2) e máximo quatro (4) participantes por conjunto.

<sup>5</sup>

<https://kahoot.com>

### 3 A AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

A avaliação diagnóstica tem como objetivo geral a obtenção de dados para que seja possível determinar o ponto de partida para a proposta didática do conteúdo da fase teórica de aplicação do aplicativo SPECTRUM – AULA INTERATIVA. Para cada questão, do total de doze, há um objetivo específico. Esses objetivos estão descritos a seguir.

A própria plataforma (KAHOOT), como um de seus recursos adicionais, modela e disponibiliza estatísticas e médias de acertos e erros acerca dos resultados obtidos, facilitando sobremaneira a análise e avaliação dos rendimentos e objetivos de aprendizagem.

Com o questionamento inicial, almejou-se investigar a concepção dos discentes no tocante ao conceito de modelo científico, haja vista sua relevância para o entendimento coeso dos modelos atômicos.

Espectros Atômicos			
Q9	Todos os átomos produzem espectros?		
Correct answers	SIM		
Players correct (%)	71,43%		
Question duration	20 seconds		
Answer Summary			
Answer options	▲ "SIM"	◆ "NÃO"	
Is answer correct?	✓	✗	
Number of answers received	5	2	
Average time taken to answer (seconds)	3,81	6,77	

Figura 10 – Exemplo de apresentação de questões no software KAHOOT (Questão 9).

A questão número dois averiguou o conceito clássico de átomo.

Ainda acerca da compreensão de átomo, o terceiro questionamento avaliou o conhecimento dos discentes a respeito da divisibilidade do átomo, um entendimento mais moderno deste conceito.

A quarta pergunta primou por examinar se os alunos possuíam algum conhecimento das estruturas atômicas subelementares.

Os célebres modelos atômicos, apenas os mais clássicos, foram alvo do quinto questionamento.

A relação entre o entendimento da estrutura atômica e a emissão de luz (radiação eletromagnética) passou a ser tratada a partir do questionamento seis.

Abordando minimamente algum aspecto histórico e filosófico da ciência, a sétima questão colocou-se no intento de constatar se alguém, dentro o espaço amostral investigado, reconhecia a autoria do experimento histórico da dispersão da luz branca de Isaac Newton.

Os Espectros Atômicos, finalmente, mostraram-se abordados na indagação oitava.

Correlacionando as perguntas 6 e 8, explorou-se, no quesito nono, a uniformidade e a universalidade da emissão espectral por todos os elementos atômicos conhecidos.

A pergunta 10 explora a universalidade da emissão espectral sede espaço à singularidade dos espectros atômicos, conceito mais abrangente e particular desta propriedade natural da matéria.

A penúltima questão foi um pouco mais a fundo a respeito dos espectros, questionando suas classificações. A intenção nesse quesito foi apenas a de monitorar se poderia haver algum sujeito com o conhecimento mais organizado e profundo acerca do assunto estudado.

A décima segunda questão investigou aplicações tecnológicas dos espectros.

## 4 MOMENTO 1 - A AULA TEÓRICA

Consecutivamente à avaliação diagnóstica, inicia-se ao trabalho de aplicação com o aplicativo Spectrum – Aula Interativa.

Inicialmente, em sala de aula, orienta-se os discentes a fazer download do aplicativo<sup>6</sup>, disponível na loja virtual de aplicativos Google Play. Em seguida, deve-se explicar os procedimentos iniciais de cadastro explicitados.

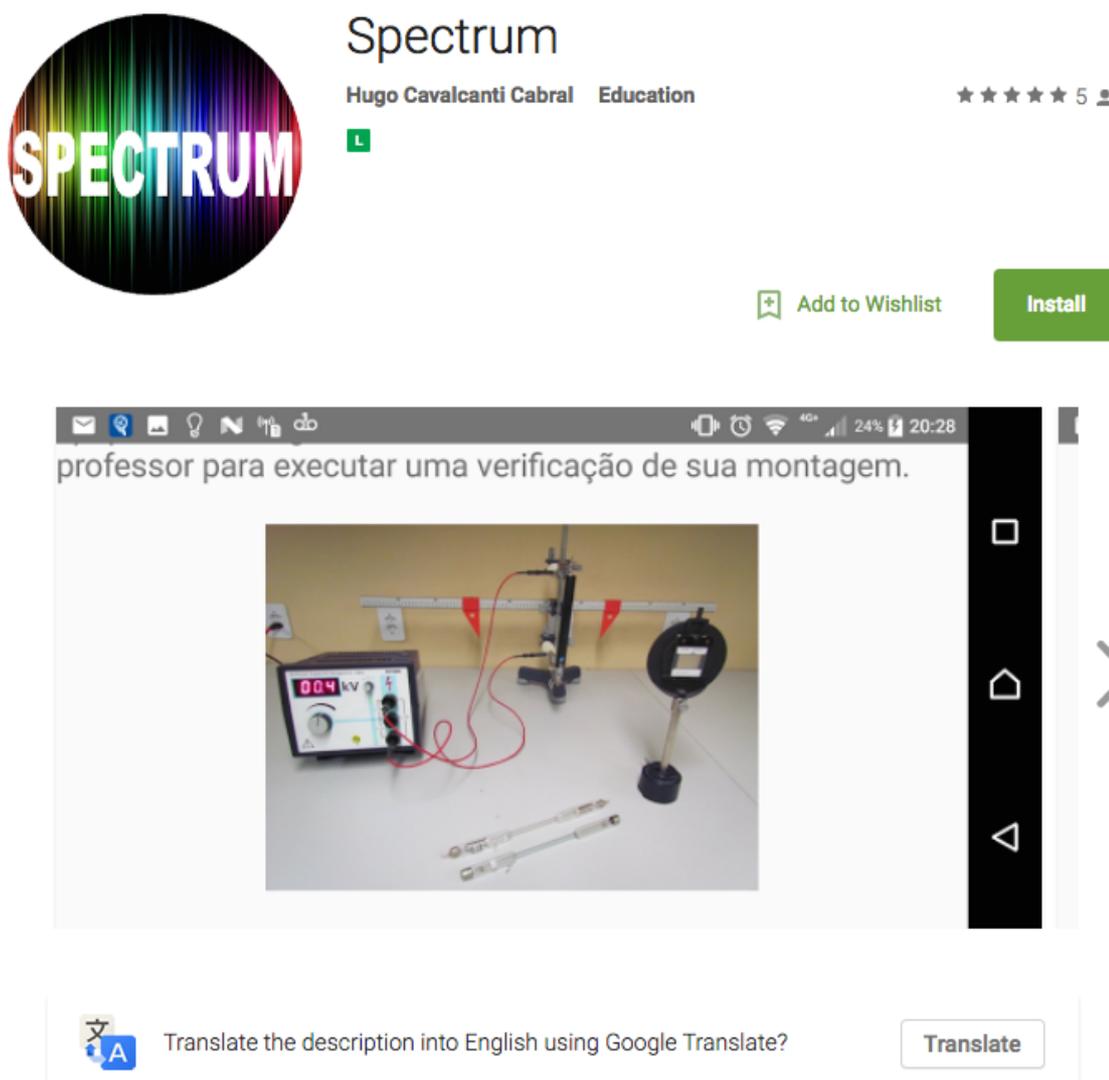
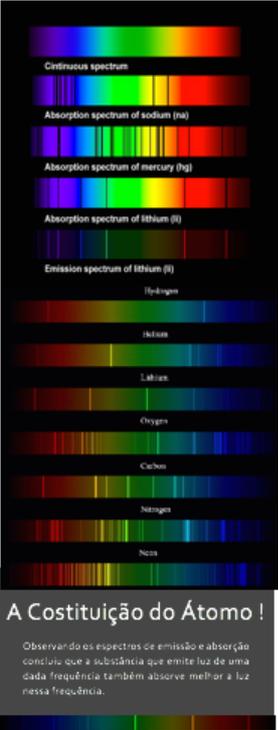


Figura 11 – Tela do aplicativo SPECTRUM na loja virtual Google Play

Efetuada o cadastro inicial, orienta-se que os discentes verifiquem a mensagem de verificação, enviada para o email cadastrado de cada discente, e, a partir desta mensagem, completem seus cadastros de identificação, o que os dará acesso futuramente a aula prática.

<sup>6</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.examples.spectrum>

O enredo de aplicação desta proposta didática inicia-se com uma parte teórica, chamada “aula teórica”, sobre o tema a ser explorado na prática experimental. Os alunos ingressam pelo aplicativo e podem ter acesso a um texto contendo alguns aprofundamentos, informações e curiosidades sobre o tema explorado.



**A Constituição do Átomo!**

Observando os espectros de emissão e absorção condiz, que a substância que emite luz de uma dada frequência também absorve melhor a luz nessa frequência.

Uma grande vantagem sobre a utilização de sondas que é a de permitir detectar quantidades mínimas de certas substâncias em uma amostra através da análise espectral” [2].

Um exemplo é o processo classificado por **eletroluminescência**, que envolve descargas em gases inertes, a partir da qual foram descobertos os raios catódicos, em 1869 – mais tarde identificados como elétrons, e os raios X. [2].

Cada elemento químico dá origem a um espectro de emissão característica, como se fosse uma espécie de “**impressão digital**”, única para cada elemento. Os espectros atômicos podem ser divididos em três categorias:

- **Espectros contínuos:** emitidos principalmente pelos sólidos incandescentes, não apresentam linhas, nem claras nem escuras, mesmo nos espectroscópios de alta resolução.
- **Espectros de Absorção:** Corresponde a fração da radiação incidente absorvida pelo material numa gama de frequências. Ele é determinado primeiramente pela composição atômica e molecular do material. É mais provável que a radiação seja absorvida em frequências que correspondam à diferença de energia entre dois estados quânticos das moléculas. A absorção que ocorre devido a uma transição entre dois estados.
- **Espectros de Emissão:** Energia liberada sob a forma de radiação eletromagnética. A emissão pode ocorrer a qualquer frequência cuja absorção também possa ocorrer. Isto permite que as linhas de absorção sejam determinadas a partir de um espectro de emissão. O espectro de emissão terá um padrão de intensidade bastante diferente do espectro de absorção.

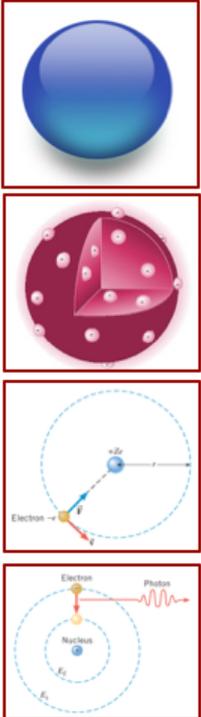
Na linguagem da Física Atômica Moderna, o espectro de emissão de um elemento químico é a imagem da radiação eletromagnética emitida por seus átomos excitados ao retornarem ao seu estado energético normal. (CARUSO e OGURI, 2016, 227-228).

Essa conclusão, parecia reforçar a ideia de que os fenômenos de emissão e absorção seriam devidos a uma espécie de **ressonância** entre a radiação e os átomos de uma substância, ou seja, sugere que os **ÁTOMOS** seriam **sistemas compostos**.

Os **modelos atômicos**, nesse sentido, passaram a ser propostos na tentativa dar uma explicação científica a formação dos espectros atômicos e justificar outros resultados experimentais observados.

Os principais modelos atômicos propostos estão relacionados abaixo. A sequência de suas proposições se ajustam ao surgimento de inconsistências não explicadas pela modelo predecessor.

- **Modelo de Dalton (1807):** Considerava que todos os elementos químicos eram compostos de pequenas partículas, neutras, chamadas átomos. Estas partículas fundamentais, apresentavam propriedades idênticas para um mesmo elemento químico, e distintas entre elementos diferentes.
- **Modelo de Thomson (1904):** Considerava o átomo como uma distribuição esférica homogênea de cargas positivas, no interior da qual os elétrons estavam distribuídos uniformemente, em anéis concêntricos.
- **Modelo de Rutherford (1911):** Baseado em experimentos com partículas  $\alpha$ , sua hipótese considerava um modelo de **átomo nuclear**. Ou seja, um pequeno **núcleo atômico** central continha uma carga “ $+Ze$ ”, envolta por uma distribuição uniforme de carga “ $-Ze$ ”, **eletrosfera**, em uma esfera de raio bem maior que o diâmetro do núcleo.
- **Modelo de Bohr (1913):** Na busca por explicar a instabilidade do modelo de Rutherford, introduziu regras da mecânica quântica, estados estacionários de energias quantizadas, e postulou um **princípio de correspondência** limite em relação aos resultados clássicos.



Figuras 3, 6, 7 e 8: Modelos Atômicos. Fonte: [https://br.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_at%C3%B4mico#/media:Arquivo:Thomson\\_modelo\\_at%C3%B4mico.png](https://br.wikipedia.org/wiki/Modelo_at%C3%B4mico#/media:Arquivo:Thomson_modelo_at%C3%B4mico.png)

Figura 12 – Recortes de partes da aula teórica no aplicativo

A aula teórica comporta um tempo de execução de uma (1) semana. Observando o caráter self-learning desta proposta didática, contudo, a ocupação de leitura e entendimento do texto deve ser realizada de modo não presencial, cada discente no seu próprio tempo. Nesse período, os alunos deverão integralizar o cumprimento da aula teórica e proceder com o agendamento de suas práticas experimentais. O professor pode ser contactado a qualquer momento, sobre dúvidas de conteúdo ou outros questionamentos diretamente pelo aplicativo, através do envio de mensagens por e-mail.

## 5 MOMENTO 2 – A AULA EXPERIMENTAL

Com antecedência de duas horas para o início da aula prática, os discentes já podem ter acesso ao roteiro experimental interativo que cumprirão em laboratório. Este roteiro, também autoral, apresenta os objetivos da realização do experimento, as atividades por ele propostas, o aparato experimental utilizado e os procedimentos experimentais da atividade, estes divididos em vinte passos de execução.

Para que se eliminasse, por outro lado, a necessidade de mais de um envio de relatório, ou mesmo agendamento de data e hora para a prática experimental, orienta-se aos grupos que cada um deles estabelecesse a figura de um líder. Todos os procedimentos execução necessários ao experimento passam a ser capitaneados a partir da conta deste líder.

Concernente aos procedimentos experimentais, por sua vez, o roteiro busca graduar a abordagem acerca do tema intercalando-o com a realização da prática experimental e a interação mediada entre os recursos multimídias do 25ablete e o aparato experimental.

A responsabilidade do professor, ou do técnico de laboratório, durante a 25ablete25ão das práticas experimentais mostra-se, exclusivamente, em mediar desde a manipulação dos instrumentos até a supervisão dos procedimentos de segurança e conduta no espaço laboratorial. Qualquer outro tipo de intervenção, por parte do docente, deve ser limitada, no intuito de se garantir um maior grau investigativo ao experimento, bem como o caráter self-learning da plataforma.

Recomenda-se uma pequena recepção e introdução dos grupos no ambiente de laboratório orientando-os a dar início ao trabalho experimental. Posteriormente, é a sequência proposta pelo roteiro quem conduz, de forma gradativa, os experimentadores pela prática.

Na primeira parte do experimento (passos experimentais de 1 a 4), os discentes são orientados a como proceder para a colocação da grade de difração, necessária a visualização dos espectros atômicos, junto à câmera fotográfica do 25ablete.

Logo em seguida, o roteiro interativo solicita que os discentes acionem a câmera do dispositivo e apontem o conjunto 25ablete + grade de difração para alguma fonte de luz branca e fotografem o espectro de luz contínuo emitido.

Em seguida, os experimentadores devem relatar e comparar, com a utilização de áudios e vídeos, as características e propriedades do espectro visualizado. Para tanto, o roteiro traz, no passo 5, uma ilustração de um espectro contínuo retirada da literatura.

Para efeitos de praticidade e visando a preservação dos equipamentos, recomenda-se que o aparato experimental apresente-se praticamente montado, com a bancada ainda sem energia. Optou-se por esta metodologia, também, para que não se fosse dado ênfase a montagem dos equipamentos

e sim ao fenômeno a ser explorado. As funções de energizar a bancada, no entanto, bem como regular a fonte de tensão para a voltagem adequada deve ficar a cargo dos discentes.

Nesta etapa do procedimento, os experimentadores podm, após energizarem suas bancadas e regularem a fonte de tensão para a voltagem de cerca de 5 KV, visualizar o espectro atômico de duas lâmpadas distintas de vapor metálico. Um vídeo exclusivo com esta manipulação consta no roteiro interativo.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, abr./jun. 2003.
- ARRUDA, S. M., TOGINHO FILHO, D. O. Laboratório caseiro de física moderna. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 8, n. 3, p. 232-236, dez. 1991.
- AXT, Rolando, O papel da experimentação no ensino de ciências, em Moreira, M.A. e Axt, R., **Tópicos em Ensino de Ciências**, Sagra, 1991. P. 79-80.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n.3: p.313, 2002.
- BRAGA, Marcia de Melo. Eletromagnetismo abordado de forma conceitual. Porto Alegre: UFRGS, 2004. **Dissertação (Mestrado)** – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/mpef/mestrados/Macia\\_deM\\_Braga\\_2004.pdf](http://www.if.ufrgs.br/mpef/mestrados/Macia_deM_Braga_2004.pdf)
- C. A. Canizares , Z. T. Faur, Advantages and disadvantages of using various computer tools in electrical engineering courses, **IEEE Transactions on Education**, v.40 n.3, p.166-171, August 1997 [doi>10.1109/13.618025]
- CLAESSON, L.. **Remote Electronic and Acoustic Laboratories in Upper Secondary Schools**, 2014.
- CLEMENT, Luiz Clement & TERRAZZAN, Eduardo A. Terrazzan. Considerações sobre a prática docente no desenvolvimento de atividades didáticas de resoluções de problemas em aulas de física. **IX EPEF**
- DUNE, P., COSTICH, D., O’SULLIVAN, S. Measurement of the mean lifetime of cosmic ray muons in the A-level laboratory. **Physics Education**, Bristol, v. 33, n. 5, p. 296-302, Sept. 1998.
- ENSINO DE FÍSICA NO NÍVEL MÉDIO: TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA E EXPERIMENTAÇÃO , Denis Rafael de Oliveira Pereira e Oderli Aguiar , 2006, **Revista Ponto De Vista**, vol 3, pg 65
- GASPAR, A. **Experiência no ensino da física**, 4º edição. Editora Ática, 1996, 232p.
- GASPAR, A. **Experiências de ciências para o ensino fundamental**. São Paulo: Ática, 2005.
- HERNÁNDEZ, F. **A organização do currículo por projetos de trabalho**. 5. Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- HERNÁNDEZ, F. **O tempo nos projetos de trabalho**. **Pátio: revista pedagógica**, Porto Alegre v. 8, n. 30, p. 12-15, maio/jul. 2004
- HORN, Michael B., Staker, Heather. **Blended: Using Disruptive Innovation to Improve Schools**. 1. Ed. Jossey-Bass, 2014.
- KAWAMURA & HOUSOUME, Maria Regina Dubeux Kawamura e Yassuko Hosoume, A Contribuição da Física para O novo Ensino Médio, **Física na Escola**, v. 4, n.2, 2003
- Lang, J. (2012). Comparative study of hands-on and remote physics labs for first year university level physics students. **Transformative Dialogues: Teaching and Learning Journal**, 6(1), 1e25.
- MOREIRA, M. A. (2012). O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA? **Revista Curriculum**, La Laguna, 25: 29-56