

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



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

CARLOS RONELLI FREITAS DE PAULA

**DESENVOLVIMENTO DE UM LIVRO INTERATIVO PARA  
APRENDIZAGEM DE ÓPTICA GEOMÉTRICA PARA ALUNOS DO 9º ANO**

MOSSORÓ  
Agosto/2015

CARLOS RONELLI FREITAS DE PAULA

**DESENVOLVIMENTO DE UM LIVRO INTERATIVO PARA  
APRENDIZAGEM DE ÓPTICA GEOMÉTRICA PARA ALUNOS DO 9º ANO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido 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): Prof. Dr<sup>a</sup> Jusciane Costa e Silva  
– UFRSA

MOSSORÓ  
Agosto/2015

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

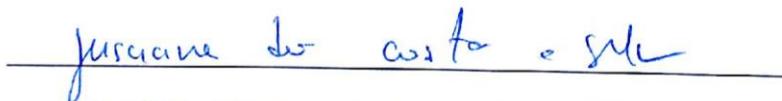
CARLOS RONELLI FREITAS DE PAULA

Desenvolvimento de um livro interativo para aprendizagem de Óptica Geométrica para alunos do 9º ano

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, campus Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

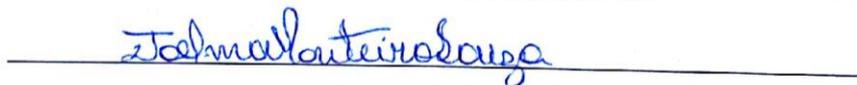
Aprovada em: 17/08/2015

BANCA EXAMINADORA



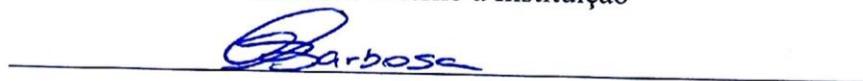
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Jusciane da Costa e Silva – UFERSA

Presidente da banca e orientadora



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Joelma Monteiro de Souza – URCA

Membro externo à Instituição



Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa – UFERSA

Membro interno

Catálogo na Fonte

Catálogo de Publicação na Fonte. UFERSA - BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA - CAMPUS MOSSORÓ

Paula, Carlos Ronelli Freitas de.

Desenvolvimento de um livro interativo para aprendizagem de óptica geométrica para alunos do 9º ano / Carlos Ronelli Freitas de Paula. - Mossoró, 2015.

85f: il.

1. Física. 2. Óptica geométrica - ensino-aprendizagem. 3. Vygotsky. 4. Tecnologia - ferramentas de ensino. 5. Livro digital. I. Título

RN/UFERSA/BCOT/671

CDD 530 P324d

Dedico esta Dissertação  
à Deus e aos meus  
familiares pelo apoio  
incondicional.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pelas oportunidades concedidas até hoje.

A minha orientadora, professora Dr<sup>a</sup> Jusciane Costa e Silva, pela incansável colaboração e competente dedicação.

Ao Coordenador Dr. Geovani, que sempre acompanhou a turma de perto lutando sempre para que os alunos pudessem ser bem assistidos.

Aos professores do Mestrado Profissional em Ensino de Física pelos ensinamentos.

Aos colegas da turma MNPEF/2015, pelos incansáveis momentos de estudo e, também, pelos momentos de descontração. E em especial ao colega Geovane Pessoa, companheiro de viagem Fortaleza – Mossoró, durante estes dois anos.

Aos alunos que participaram do trabalho, pelos momentos agradáveis ao longo da implementação desta proposta metodológica.

Aos meus familiares, principalmente meus pais – Raimundo Nonato de Paula e Maria Lucinete Freitas de Paula, meus irmãos, cunhada e minha sobrinha Thaís.

Ao meu amigo Leandro Pinheiro, que sempre me deu bons conselhos e de certa forma me ajudou a ingressar neste curso.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

A todos que de alguma maneira contribuíram para que eu pudesse realizar esta dissertação.

*“Uma mente necessita de livros da mesma forma que uma espada necessita de uma pedra de amolar se quisermos que se mantenha afiada.”*

*Tyrion Lannister (R. R. Martin)*

## RESUMO

O avanço tecnológico implicou numa reformulação do processo de ensino-aprendizagem aplicada nas salas de aulas ao longo do Brasil e do mundo. O uso dos tradicionais recursos, giz e quadro negro, como ferramentas de ensino-aprendizagem ficaram defasados, daí surge à necessidade da produção e inclusão de aplicativos dinâmicos que possam acompanhar a evolução que acontece cotidianamente ao nosso redor. O uso das tecnologias como ferramenta de ensino-aprendizagem para auxiliar a didática nas escolas pode ser usado para melhorar a qualidade de ensino atendendo às aspirações e necessidades a que cada aluno está integrado. O presente trabalho fez uma análise da aplicação de um livro didático interativo para alunos do 9º ano do ensino fundamental. O assunto escolhido foi Óptica Geométrica. O objetivo foi mostrar como o professor pode criar um livro interativo com vídeos, animações e questões interativas com o uso do software *ezPDF Text Maker*. Esse estudo é fundamentado pelas teorias de Ausubel, que usa o conceito de aprendizagem significativa e o interacionismo de Vygotsky, destacando a importância da relação ensino-aprendizagem na perspectiva de interação professor-aluno-recursos digitais. Ao final do uso do livro interativo os alunos responderam algumas perguntas referentes ao produto educacional e às ferramentas disponíveis. Foi utilizado o aplicativo Socrative afim de mensurar a aprendizagem significativa dos alunos através de um questionário com o mesmo assunto abordado no Livro interativo. Os resultados mostram que o livro interativo correspondeu às expectativas almejadas pelo professor, tendo em vista a satisfação de grande parte dos alunos, ou seja, 70% destes se dizem satisfeitos com o uso do mesmo. Observamos também uma melhora quantitativa nas notas dos alunos, já que o número de alunos com nota superior a média aumentou 30% o em relação ao bimestre anterior.

**Palavras-Chaves:** Livro Digital, Aprendizagem, Tecnologia Educacional.

## **ABSTRACT**

Technological advances led to a reformulation of the teaching-learning process applied in classrooms throughout Brazil and the world. The use of traditional resources, chalk and blackboard as teaching and learning tools were outdated, there arises the need of production and inclusion of dynamic applications that can monitor the progress that happens every day around us. The use of technology as a teaching and learning tool to assist in teaching in schools can be used to improve the quality of education meeting the aspirations and needs that each student is integrated. This paper made a review of the implementation of an interactive textbook for students of the 9th grade of elementary school. The chosen subject was Geometrical Optics. The aim was to show how the teacher can create an interactive book with videos, animations and interactive questions using the ezPDF Text Maker software. This study is justified by the theories of Ausubel, which uses the concept of meaningful learning and interactionism Vygotsky, highlighting the importance of teaching-learning relationship in the context of digital teacher-student-interaction features. At the end of the interactive book of using the students answered some questions regarding the educational product and the available tools. Socratic the application in order to measure the significant student learning through a questionnaire with the same subject matter in interactive book was used. The results show that the interactive book corresponded about the desired expectations by the teacher, with a view to satisfaction of most students, that is, 70% of them say they are satisfied with the use of it. We also observed a quantitative improvement in students' grades, since the number of students with a grade higher than average increased 30% over the previous quarter.

**Key Words:** Digital book. Learning. Educational Technology.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	15
2.1 TEORIA DE AUSUBEL.....	16
2.1.1 Aprendizagem Significativa.....	17
2.1.2 Aprendizagem Mecânica.....	19
2.1.3 Tipos de Aprendizagem Significativa .....	19
2.1.4. Mapas Conceituais.....	20
2.2. TEORIA DE VYGOTSKY .....	22
2.2.1 Interacionismo .....	22
2.2.2 Aprendizagem .....	23
2.3. EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA.....	28
3. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	33
3.1. SOFTWARE EZPDF TEST MAKER .....	34
3.2. SOCRATIVE.....	41
4. CONCEITOS BÁSICOS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA.....	46
4.1 A LUZ .....	47
4.1.1. Fontes de Luz .....	48
4.1.2 Meios Ópticos.....	49
4.1.3 A cor de um corpo .....	51
4.1.4. Fenômenos da Propagação da Luz.....	52
4.1.5 Princípios da Óptica Geométrica .....	53
4.2 CÂMARA ESCURA.....	53
4.3. SOMBRA E PENUMBRA.....	54
4.3.1 Eclipses .....	55
4.4. GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS ÓPTICOS .....	56
4.4.1 Ponto Objeto e Ponto Imagem.....	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	60
6. CONCLUSÕES .....	73
APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL .....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Mapa Conceitual – Leis de Newton.....	21
Figura 3.1 – Tela de apresentação do Software.....	35
Figura 3.2 – Ícone do aplicativo na área de trabalho.....	36
Figura 3.3 – Barra de Ferramentas do Software.....	36
Figura 3.4 – Janela para inserir recursos multimídias.....	37
Figura 3.5 – Aurora Boreal.....	38
Figura 3.6 – Janela de edição de links.....	39
Figura 3.7 – Janela de Edição das questões.....	40
Figura 3.8 – Janela de Edição do gabarito.....	40
Figura 3.9 – Janela de Edição do gabarito.....	41
Figura 3.10 – Página inicial do aplicativo Socrative para computador.....	42
Figura 3.11 – Ambiente virtual do perfil do professor da turma fc553bc4.....	43
Figura 3.12 – Diagrama de interação entre professor e alunos usando o Socrative.....	44
Figura 4.1 – Espectro eletromagnético.....	47
Figura 4.2 – Fenômenos da aurora boreal.....	48
Figura 4.3 – Pincéis de raios.....	49
Figura 4.4 – Material transparente.....	50
Figura 4.5 – Material translúcido.....	50
Figura 4.6 – Material opaco.....	51
Figura 4.7 – Prisma.....	51
Figura 4.8 – Fenômenos Luminosos.....	52
Figura 4.9 – Câmara escura de orifício.....	54
Figura 4.10 – Fonte de luz pontual.....	55
Figura 4.11 – Fonte de luz extensa.....	55
Figura 4.12 – Eclipse solar.....	56
Figura 4.13 – Eclipse lunar.....	56
Figura 4.14 – Lente e Prima.....	57
Figura 4.15 – Representação de ponto objeto e ponto imagem.....	58
Figura 4.16 – Imagem projetada no olho do observador.....	59
Figura 4.17 – Imagem virtual.....	59
Figura 5.1 – Página do questionário na internet.....	61
Figura 5.2 – (a) Questão 1 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.....	62
Figura 5.3 – (a) Questão 2 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.....	62
Figura 5.4 – Questão 3 do questionário.....	63
Figura 5.5 – (a) Questão 4 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.....	64
Figura 5.6 – (a) Questão 5 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.....	64
Figura 5.7 – Questão 6 do questionário.....	65
Figura 5.8 – (a) Questão 7 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.....	66
Figura 5.9 – Questão 8 do questionário.....	66
Figura 5.10 – Questão 9 do questionário.....	68



## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento dos textos didáticos reporta-se ao período medieval, sendo caracterizados como instrumentos de formação dos religiosos [1]. Somente no século XIX os livros didáticos passaram a assumir um papel de grande importância na aprendizagem e na política educacional. Os primeiros livros didáticos escritos tinham como objetivo complementar os ensinamentos não disponíveis nos Livros Sagrados e eram direcionados para os alunos das escolas de elite [2]. Apenas a partir do século XX que começaram a surgir livros abordando novas teorias tais como: filosofias, ciências e letras, e em seguida uma gama de variedade de livros didáticos.

Os primeiros livros didáticos chegaram às escolas brasileiras no ano de 1929, com a criação do Instituto Nacional do Livro (INL), contribuindo para dar maior legitimidade ao livro didático nacional e conseqüentemente auxiliar no aumento de sua produção [3]. No entanto, a distribuição do livro didático nas escolas públicas só aconteceu na década de 70, apesar de alguns problemas como: divergência de conteúdos com relação às escolas particulares e preços altos, pois o governo não dispunha de verbas suficientes para arcar com todas as despesas. Tais problemas foram solucionados com a Fundação de Assistência ao Estudante – FAE, onde o governo destinava uma verba para fornecer livros a todas as crianças carentes, e através do Plano Nacional do Livro Didático – PNLD que se criou um guia de livros didáticos selecionados por um grupo de professores que trazia sugestões de bons livros didáticos que poderiam ser adotados pela escola.

Com o passar dos tempos, inúmeras atualizações favoreceram o avanço do material escrito e literário, advindo novas tecnologias e métodos que viabilizaram maiores perspectivas no sistema educacional formal. A linguagem abordada nos livros didáticos varia de acordo com os objetivos a serem alcançados, e os recursos empregados mudam conforme a série a que se destinam. Além disso, os livros didáticos mudam de acordo com as reformas curriculares, mudanças sociais, econômicas, políticas e até mesmo tecnológicas. Muitas dessas mudanças vêm acontecendo devido às reformas curriculares propostas pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB 9394/96) da educação nacional [4].

Nos últimos anos a realidade das salas de aulas tem mudado. O antigo quadro negro e o giz estão sendo deixados no passado enquanto que novos artefatos

tecnológicos preenchem o ambiente escolar e assim mudando seu cotidiano, elevando os níveis de interação entre professor e aluno a um novo patamar [5].

O advento da tecnologia trouxe inúmeras consequências para a educação, como o uso dos computadores, *tablets*, *lousas* digitais e acesso às pesquisas instantâneas através da internet. Além do uso de aplicativos como instrumentos de ensino-aprendizagem mediados por livros digitais disponíveis na *web*<sup>1</sup>, e que podem ser descarregados para os dispositivos eletrônicos através de *downloads*. A partir desta realidade, as escolas de educação básica (ensino fundamental e médio) sentem a necessidade de trazer esses aparatos tecnológicos para a sala de aula com o objetivo de proporcionar uma alternativa que facilite a aprendizagem significativa do processo de ensino-aprendizagem, através de uma metodologia inovadora, que utiliza estratégias lúdicas, configurando-se como uma pedagogia moderna.

Na contramão desse progresso tecnológico, estão os métodos arcaicos de ensino ainda praticados em muitas escolas, com aulas desligadas do cotidiano dos alunos e uso excessivo de equações, sem extrair o verdadeiro significado e sua aplicação no cotidiano do aluno. Além disso, a carência de trabalhos experimentais são indicadores nos problemas do ensino e da aprendizagem da física, comuns a várias realidades escolares [6]. Isso tem ocasionado prejuízos que se verificam a partir das dificuldades apresentadas pelos alunos na assimilação do conteúdo e na interpretação de enunciados/textos [7]. Dentro desse cenário, uma das tarefas do professor é procurar materiais didáticos adequados a seus estudantes. Uma alternativa são os livros digitais disponíveis no mercado editorial, *softwares* educacionais disponibilizados na *web*, aplicativos para dispositivos móveis encontrado em lojas virtuais, ou por meio de produção própria; todos com a finalidade de atender às necessidades da modernização no processo de informatização do ensino.

Apesar dos esforços que as Instituições de Ensino fazem para acompanhar a evolução tecnológica que nos rodeiam, infelizmente observa-se que esse desenvolvimento ainda ocorre de forma lenta, já que a maioria dos livros digitais adotados por algumas escolas não passam de um PDF (*Portable Document Format* - Formato Portátil de Documento) do livro impresso, trazendo pouca ou nenhuma novidade ao aluno. Estes tipos de livros digitais não promovem a interação entre o aluno

---

<sup>1</sup> Web é uma palavra inglesa que significa teia ou rede. Rede que conecta os computadores.

e o material didático utilizado, servindo apenas como objeto de leitura, o que gera em alguns alunos uma frustração e conseqüentemente uma indagação sobre o porquê do uso de um livro digital, se este não difere de seu formato impresso.

Livros interativos são aqueles que exigem do leitor interação, ou seja, ao ler um livro interativo o leitor não ficará parado, tendo que realizar alguma outra atividade além da leitura em si. Essa proposta tenta contextualizar a vida moderna, em que a tecnologia tem assumido papel de grande importância em diferentes áreas [8].

O objetivo deste trabalho é a confecção de um livro interativo, em que possa existir uma aprendizagem significativa que permita consumir, produzir e compartilhar conteúdos como textos, fotos e vídeos possibilitando a interatividade e conexão ao mundo exterior. Esse livro pretende estimular a criatividade do aluno que ao clicar em imagens concernentes ao conteúdo estudado, possa ter a visualização por meio de vídeos de situações ou fenômenos investigados, além de permitir a exploração dos recursos oferecidos, tais como inserir notas, marcar textos, desenhar e inserir figuras ou fotos, proporcionando um aprendizado de forma dinâmica e conseqüentemente despertando o maior interesse do aluno na disciplina de física. Além disso, teremos exercícios interativos, onde os alunos podem responder no próprio *tablet*, fazendo seus cálculos na tela, correção automática assim que desejar, destacar textos, fazer observações no próprio material, além de integrar o mundo dentro e fora da escola, ou seja, tudo isso pode significar uma transformação para as escolas.

O livro didático proposto aborda o assunto de óptica geométrica, e o mesmo será aplicado aos alunos do 9º ano do ensino fundamental de uma escola de ensino privado de Fortaleza, com o objetivo de relatar experiências, vantagens e desvantagens através de uma análise do uso desse material.

A metodologia usada é a fundamentação dos conceitos de aprendizagem significativa de David Ausubel [9], em que legitima a importância dos conhecimentos prévios dos alunos na construção de estruturas mentais que favorecem o uso de mapas conceituais que viabilizem o descobrir e redescobrir de outros conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz. As teorias da aprendizagem interativa de Lev Vygotsky [10] também foram usadas, a qual defende a ideia da aprendizagem como uma consequência da interação entre os indivíduos.

Durante a utilização do livro interativo, com a finalidade de aumentar a interação professor/aluno e dinamizar a avaliação do professor sobre a aprendizagem dos alunos, foram desenvolvidos problemas em formato de perguntas e respostas para avaliar a

compreensão dos alunos ao final da exposição do conteúdo de física, abordando o assunto de óptica. Para que tal dinâmica fosse possível, os alunos fizeram uso do aplicativo SOCRATIVE [11,12], que mostra ao professor, em tempo real, as respostas dos alunos, permitindo-lhe identificar possíveis deficiências e assim saná-las.

No final da aplicação do material, os alunos responderam um questionário sobre a eficiência do recurso educacional para que o professor possa mensurar a eficácia dessa estratégia na sala de aula.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A temática aprendizagem é sempre atual e expressiva quando está vinculada a condições práticas e reais de maior rendimento do aprendiz. Neste contexto a escola é vista como o local em que se promove o processo ensino-aprendizagem, onde são articuladas as ações docentes que visam entre outros fins à aquisição de novos conhecimentos e conseqüentemente, um novo comportamento por parte do aluno.

Fernandez [13] considera que o processo de aprendizagem se articula na ação entre o indivíduo e o que é proposto a ser investigado, o objeto observado, a situação a ser analisada, ou seja, entre o indivíduo e o meio em que está inserido. Atribui a prática de ensino um momento de visualização e abstração dos elementos que perfazem o todo disposto a estudo. Neste processo professores e alunos interagem na perspectiva de compreender os elementos estruturais que compõem o seu campo de investigação.

Fernandez também acentua que a busca pela aprendizagem constitui uma característica natural do ser humano. Sendo assim, ressalta que todo sujeito possui uma maneira própria de aprender e de construir o conhecimento que tem início na infância, ou seja, a predisposição do indivíduo vir a conhecer é um processo natural que se desenvolve ao longo dos tempos atendendo diferentes estágios de evolução.

As mudanças de comportamento que os indivíduos apresentam no contexto de diferentes situações e espaços sociais configuram como produto dos conhecimentos que adquiriram através de experiências vividas, das aprendizagens que desenvolveram e que os impulsionaram a agir de acordo com os diferentes contextos que fazem parte. Com as transformações do espaço social vêm também às transformações dos seres humanos. Pode-se dizer que o homem transforma o meio e sofre as conseqüências destas, caracterizando assim um processo dialético.

Em função das múltiplas mudanças que a sociedade atual vem passando observa-se no campo das pesquisas educacionais um expressivo processo de reflexão que tencionam compreender que tipo de aprendiz está presente nas escolas, que conteúdos disciplinares se fazem necessários a serem trabalhados em sala de aula e que atendam as aspirações tanto dos aprendizes como da sociedade em que o mesmo é parte constituidora.

As transformações observadas no cenário mundial têm promovido inúmeras mobilizações nos comportamentos dos indivíduos, uma vez que sendo este elemento constituidor desta sociedade em constante evolução, naturalmente há a necessidade de

se adaptar aos diferentes contextos que ela lhe favorece, é preciso atuar no mundo seguindo um conjunto de normas e preceitos que são exigidos de maneira a garantir a sua presença e atuação social, política, cultural entre outras vertentes que compreende o viver em sociedade. Sendo assim, a temática aprendizagem destaca-se como possuidora de significativa importância, tendo em vista que é por meio desta que o indivíduo adquire conhecimentos necessários para atuar e sobreviver em meio às modificações que acarretam diferentes modo de vida.

Nas escolas modernas, o perfil do aluno ideal é aquele que assimila informações de maneira rápida, que apresenta habilidades e competências de fazer uso das informações obtidas em sala de aula para sua vida em diferentes contextos. Dinamicidade, funcionalidade e eficiência são os requisitos primordiais que atualmente as instituições de ensino visam no âmbito da formação escolar dos alunos de educação básica (ensino fundamental e médio).

Aprender, segundo Fonseca [14] é a necessidade mais imperativa na vida do ser humano. A arte de aprender ocorre em estágios evolutivos, envolvendo aspectos cognitivos, emocionais, orgânicos, psicossociais e culturais. A aprendizagem ocorre em diferentes contextos sociais e pode ser impulsionada por motivações advindas do próprio aprendiz assim como advindas dos estímulos que recebem de quem os ensina.

Segundo Beaucler [15] a proposta de compreender o que constitui e como se configura o processo de aprendizagem foi sempre postulado por diferentes correntes teóricas que analisam o processo de aprendizagem sobre vários aspectos. Nesta dissertação a temática aprendizagem é abordada tomando por base os teóricos David Ausubel (aprendizagem significativa) e Lev Vygotsky (aprendizagem interacionista).

Tomando como fundamentação as teorias da aprendizagem significativa e interacionista apresentadas neste capítulo se propõe nesta dissertação apresentar o conceito de aprendizagem numa abordagem dinâmica e crítica contemplando o caráter processual que corresponde ao ato de aprender.

## 2.1 TEORIA DE AUSUBEL

A aprendizagem do aluno de novos conhecimentos quando se integra aos conhecimentos prévios que já possui apresentam um valor mais expressivo uma vez que expressa sentido para aquele que aprende. As informações se integram e formam novos conhecimentos evidenciando o processo de aprendizagem como dinâmico, funcional e

constante. Essa ideia é a base geral que constitui a aprendizagem significativa defendida pelo médico psiquiatra David Paul Ausubel, que dedicou sua carreira acadêmica às pesquisas no campo da psicologia educacional, dando uma importante contribuição nesta área.

### **2.1.1 Aprendizagem Significativa**

A teoria da aprendizagem significativa constitui um processo no qual uma nova informação é relacionada a um aspecto relevante já existente na estrutura de conhecimento de um indivíduo [9].

A apresentação da teoria supracitada tem como objetivo fazer uma abordagem em relação às bases do conhecimento, tendo como princípio as organizações conceituais já existentes, às quais funcionam como estruturas de ancoradouro e acolhimento de novas ideias.

Para Ausubel [9], o conhecimento prévio que o indivíduo possui acerca das informações que lhe são apresentadas, influencia no processo de aprendizagem. Uma vez que conceitos relevantes estejam disponíveis na estrutura cognitiva, estas passam a servir como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos, ampliando o número de informações e conhecimentos.

No entanto, é pertinente ressaltar que na concepção do teórico destacado, a aprendizagem não compreende apenas aos conceitos já aprendidos, ela diz respeito também às modificações relevantes que se processam na estrutura cognitiva a partir de novos materiais que lhe são apresentados.

A estrutura cognitiva constitui, na teoria da aprendizagem significativa, o subsunçor, ou seja, uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, ampliando o conhecimento do indivíduo e, conseqüentemente, favorecendo o processo de aprendizagem. Portanto, para que haja a retenção de informações é necessária à organização de um nível hierárquico conceitual onde elementos mais específicos de conhecimentos sejam conectados e agregados a conceitos mais gerais. Neste sentido, um aluno de ensino fundamental dificilmente assimilará os conceitos de momento linear ou impulso na Física, se o mesmo não tiver desenvolvido a aprendizagem significativa sobre vetores.

No estudo de vetores, para que a aprendizagem significativa se efetive, o aluno precisa ter conhecimento sobre cálculo de resultantes de um sistema que envolva

vetores. Neste contexto, vetores são subsunçores para novas informações como cinemática vetorial, momento e outras unidades de estudo da Física. À medida em que estes novos conceitos são aprendidos de maneira significativa, haverá um aprimoramento nos subsunçores iniciais, que funcionarão como ancoragem para novas informações correlatas.

Segundo Ausubel [9] se a aprendizagem se processar de maneira mecânica, esta não se transforma em uma aprendizagem significativa, a menos que ela seja organizada. É possível observar em algumas situações que os alunos do ensino fundamental criam frases que servem para decorar o significado de incógnitas, pois o mesmo não assimila o assunto e não demonstra preocupação em aprender, mas sim em resolver um problema pontual como uma avaliação. Porém tão logo passe o dia da avaliação, dificilmente lembrará o conteúdo, considerando que o conhecimento adquirido fica de maneira arbitrária distribuído na estrutura cognitiva, não havendo uma correlação com subsunçores (conceitos e proposições instáveis) específicos.

Fundamentando-se na teoria de Ausubel a aprendizagem significativa configura um tipo de aprendizagem em que os conceitos aprendidos são captados de forma integrada, através da incorporação de novos assuntos e conceitos relevantes, estabelecendo ligações com as informações (conhecimentos prévios) que os alunos já possuem.

Para Ausubel existem algumas condições para que ocorra a aprendizagem significativa, entre os quais, pode ser enfatizada a relação do assunto estudado com a estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, o assunto não pode ser arbitrário, pois caso seja, não se processa o interesse e assim não promoverá a motivação para aprender.

As considerações apontadas em relação à aprendizagem significativa permitem ressaltar que um fator cognitivo importante no processo instrucional é a estrutura cognitiva do aprendiz, pois influência na aprendizagem significativa e a obtenção de conhecimentos [9]. A estrutura cognitiva pode ser motivada substancialmente pela apresentação de conceitos e princípios unificadores ao aprendiz ou empregando métodos adequados de apresentação de conteúdos e princípios programáticos na organização hierárquica da matéria lecionada.

Para Ausubel o desenvolvimento da aprendizagem significativa se faz mediante o processo de modificação do conhecimento, sendo este mediado por duas condições essenciais, ou seja, primeiro pela disposição do aluno em aprender, pois caso contrário à aprendizagem deixa de ser significativa para ser mecânica. Segundo, o conteúdo a ser

aprendido precisa ser significativo, apresentando, portanto, um caráter necessário a ser aprendido pelo aluno.

Partindo das considerações do citado teórico compreende-se que, na aprendizagem significativa o aluno processa descobertas estabelecendo relações entre os conhecimentos que possuem com os que são aprendidos na escola. Não havendo essa relação entre conhecimentos, a aprendizagem configura como mecânica, não apresentando, portanto, um grau significativo no contexto de vida do aluno, os conhecimentos mecânicos tendem a serem diluídos com o passar dos tempos.

### **2.1.2 Aprendizagem Mecânica**

Por aprendizagem mecânica Ausubel define como sendo o tipo de aprendizagem de novas informações em que não há uma relação com conceitos ou informações com a estrutura cognitiva do aprendente. As novas informações adquiridas pelo indivíduo são armazenadas de maneira arbitrária, são conexas aos conhecimentos já existentes sem a presença de subsunçores específicos. Como exemplos deste estilo de aprendizagem podem ser citados a memorização da tabuada, assim como de sílabas soltas, sem estruturação de palavras.

Na aprendizagem mecânica o nível de interesse do aluno visa em apenas atender a uma necessidade momentânea como fazer uma prova, responder uma lista de exercício para cumprir uma unidade curricular da disciplina ou fazer uma prova para obter uma nota que lhe promova no final do período letivo. Neste sentido pode-se dizer que o conteúdo que aprendeu se perde com o passar do tempo, pois não foi capaz de criar um sentido para o aprendiz, não se tem a criação de um vínculo afetivo entre o conhecimento aprendido e o aprendiz.

### **2.1.3 Tipos de Aprendizagem Significativa**

Ausubel considera três tipos de aprendizagem significativa que são: representacional, de conceitos e proporcional.

Segundo Moreira [16] entre os tipos de aprendizagens significativas apresentadas pelo já citado teórico, a representacional é a mais básica entre as demais, ela se processa através da atribuição de significados por meio de símbolos a objetos, eventos e conceitos. No que diz respeito à aprendizagem de conceitos a mesma constitui

uma extensão da representação por mecanismos de abração. Quanto ao terceiro tipo de aprendizagem salientada, a mesma compreende a ação de captar o significado de novas ideias expressas sob a forma de proposições, se efetiva com a compreensão dos conceitos para além das suas representações.

Para que haja o desenvolvimento da aprendizagem significativa Ausubel [17] propõe dois mecanismos que são: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. A diferenciação progressiva figura como um mecanismo de diferenciação de conceitos tomando como princípio de fundamentação a relação de inclusão entre um conceito geral (includor) já assimilado com os conceitos mais específicos que se integram e se subordinam a este. No que tange a reconciliação compreende a integração de conceitos específicos a conceitos gerais, constituindo assim a formação de novos conhecimentos.

A perspectiva de favorecer aos alunos condições de articularem conhecimentos de modo funcional, viabilizando a aprendizagem significativa tem sido uma das principais propostas que norteiam os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN [18] para o ensino básico (fundamental e médio), oferecendo assim ao aluno a perspectiva de construir um nível de aprendizagem que lhe permita abstrair significativas vantagens nos mais diferentes contextos de vida, como saber fazer uso dos conhecimentos obtidos em diferentes situações que a vida lhe ofereça.

#### **2.1.4. Mapas Conceituais**

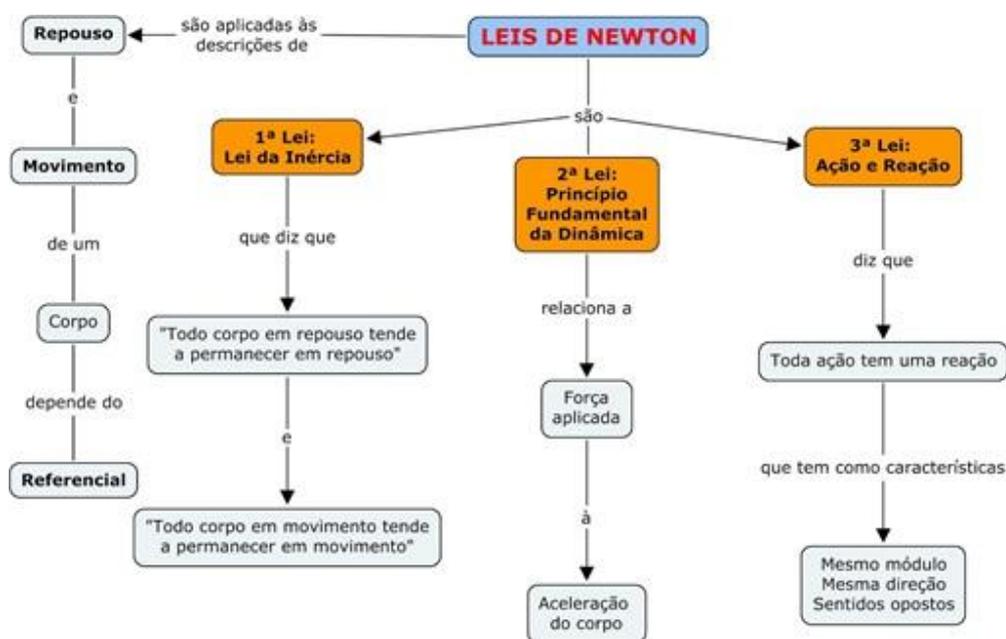
Conforme Gaines e Shaw [19], os mapas conceituais ressaltados na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel são instrumentos que facilitam a compreensão do aluno em relação aos conteúdos disciplinares apresentados em formas de diagramas construídos através de signos.

Ausubel [17] destaca os mapas conceituais como representações de conceitos na forma de proposições em que se resume o número de ideias importantes acerca do conteúdo estudado na disciplina curricular. Funcionam como instrumentos mediadores da compreensão das informações que estão inseridas no contexto geral do material exposto e proposto a estudo.

Em sala de aula os professores ao fazerem uso de mapas conceituais sobre conteúdos trabalhados na disciplina curricular se integram a ideia de apresentar os conceitos que estão inseridos na disciplina de maneira hierárquica, ou seja, partindo de

um foco geral que detenha maior carga significativa até a explicitação de ideias secundárias que dão complexidade ao conteúdo geral. A figura 2.1 exemplifica um mapa conceitual a respeito das leis de Newton.

Figura 0.1 – Mapa Conceitual – Leis de Newton.



Fonte: [http://experimentandofisica.blogspot.com.br/2012/12/mapas-conceituais\\_10.html](http://experimentandofisica.blogspot.com.br/2012/12/mapas-conceituais_10.html).

Assim como o professor, o aluno também ao buscar atingir um maior nível de aprendizagem dos conteúdos das disciplinas estudadas pode fazer uso de mapas curriculares elaborado por ele mesmo. Na opinião de Tavares [20] “[...] quando um aprendiz utiliza o mapa durante seu processo de aprendizagem de determinado tema, vai ficando claro para si as suas dificuldades de entendimento deste tema”. (op.cit.p.74). Neste aspecto pode-se dizer que o aluno ao se encontrar nesta situação está desenvolvendo a sua aprendizagem significativa, conseguindo assim despertar o interesse pela solução dos problemas observados no transcorrer de seus estudos.

Enfim, aliada às técnicas e metodologias de ensino, os conhecimentos prévios do aprendiz constituem um elemento que favorece a aprendizagem. Neste contexto, salientam-se ainda como fatores básicos que permitem a construção da aprendizagem significativa: a interação do aluno com o professor e a interação com o meio social do qual faz parte. Uma maior compreensão da relação entre a interatividade do indivíduo e a aprendizagem nos remete a teoria de Lev Vygotsky.

## 2.2. TEORIA DE VYGOTSKY

A teoria de Lev Semyonovich Vygotsky [10] toma como princípio norteador a interação do homem com meio social como fator primordial na construção da aprendizagem, ou seja, no convívio com a sociedade, o indivíduo promove o desenvolvimento do seu campo cognitivo sobre diferentes assuntos, passando a ter entendimento diversificado sobre o mundo que lhe cerca.

### 2.2.1 Interacionismo

Vygotsky [21] em sua psicologia sócio histórica, fundamentada no materialismo histórico de Karl Marx, defende a ideia de que as funções mentais superiores (memória, percepção, atenção voluntária etc.) têm origem e desenvolvimento no meio histórico-cultural em que o indivíduo está inserido.

Partindo dos estudos de Vygotsky sobre a psicologia humana-social surgiu à perspectiva de se compreender o indivíduo a partir de um olhar multidimensional, concebendo-o como um ser em constante transformação e evolução singular.

Esse novo olhar sobre o desenvolvimento humano causa significativas mudanças na educação sendo postulado a melhoria da qualidade do ensino oferecido nas escolas de educação básica (ensino fundamental e médio) articulando uma práxis pedagógica comprometida e consciente com sua função social.

Vygotsky [21] se empenhou em recuperar o estudo da consciência, numa perspectiva mais ampla de investigações afirmando que o meio social é determinante do desenvolvimento humano e que isso acontece fundamentalmente pela aprendizagem da linguagem, que ocorre por imitação.

Ao destacar a linguagem como elemento essencial no desenvolvimento do indivíduo o teórico não faz alusão apenas ao aspecto comunicativo, vai um pouco mais além, uma vez que faz referência ao fator organizador do pensamento e constitutivo quanto à tomada de consciência, que se configura com o passar dos tempos impulsionada pela interação entre os indivíduos seja de forma assistemática, observadas no seu cotidiano, ou de forma sistemática processadas no contexto escolar.

Segundo Manacorda [22] Vygotsky em suas investigações científicas se propôs a entender a influência da linguagem no desenvolvimento cognitivo do indivíduo, compreendendo que o conhecimento provém da relação sujeito-sociedade-objeto, sendo

assim mediada por processos histórico-culturais. O homem como um ser histórico é produto de um conjunto de relações sociais, sendo a consciência deste acerca do mundo resultado das inter-relações desenvolvidas ao longo dos tempos.

A teoria interacionista de Vygotsky concebe o homem como um ser que transforma e que é transformado em decorrência de suas próprias ações. Neste sentido o citado teórico compreende que o desenvolvimento humano decorre das trocas constantes entre os indivíduos transcorridas ao longo de toda uma vida entre estes e os diferentes contextos sócio-político e culturais que estejam interligados.

Na busca pela superação das necessidades vitais como se alimentar, se abrigar, defender dos perigos entre outros aspectos o homem desenvolve habilidades e competências que lhe favorece a condição de ser racional, contribuindo assim para tanto para manutenção da espécie como para o desenvolvimento desta num dado espaço e num período determinado. Essa é base marxista que enuncia o materialismo histórico e que pode ser visto como fator influenciador da filosofia da educação de Vygotsky.

As considerações até o momento apresentadas em relação ao pensamento do teórico já citado remete a evidenciação de uma temática que ao longo dos tempos muito vem sendo discutida no atual momento em que se vive em meio aos avanços técnicos e científicos, ou seja, a questão da aprendizagem como a mesma se firma no âmbito de um conjunto de transformações e avanços que a sociedade tem vivenciado.

### **2.2.2 Aprendizagem**

A abordagem interacionista de Vygotsky [23] acentua a aprendizagem como um fenômeno que se efetiva a partir da interação entre os indivíduos, ou seja, a aprendizagem figura como produto da troca de informações e conhecimentos promovidos entre os indivíduos. No contexto das relações sociais articuladas entre diferentes seres humano se processa o intercâmbio de conhecimentos os quais integrados subsidiarão novas informações e, conseqüentemente, novos conhecimentos os quais serão aprendidos pela sociedade. Em sentido geral compreende-se que a aprendizagem constitui:

[...] um processo pelo qual o indivíduo adquire informações habilidades, atitudes, valores, etc. a partir de seu contato com a realidade, o meio ambiente, as outras pessoas. É um processo que se diferencia dos fatores inatos (a capacidade de digestão, por exemplo, que já nasce com o indivíduo) e dos processos de maturação do organismo, independentes da informação do

ambiente. Em Vygotsky, justamente por sua ênfase nos processos sócio históricos, a ideia de aprendizado inclui a interdependência dos indivíduos envolvidos no processo. O termo que ele utiliza em russo (*obuchenie*) significa algo como “processo de ensino aprendizagem”, incluindo sempre aquele que aprende, aquele que ensina e a relação entre essas pessoas [24].

Villardi [25] acentua que a interação no processo de aprendizagem compreende uma dinâmica de ação em que o discurso do outro promove modificações na forma de pensar e agir, promovendo assim a apropriação do conhecimento.

De acordo com a teoria de Vygotsky há dois níveis de conhecimento que são o real e o potencial. No nível real o indivíduo se mostra capaz de agir com certa independência, sendo caracterizado como um desenvolvimento já consolidado. No segundo nível as ações do indivíduo necessitam de ajuda de outro para que assim possa gradativamente conquistando sua independência e uma maior facilidade em colocar pôr em prática as ações que necessitou do apoio de outro. Vale ressaltar que:

Essa possibilidade de alteração no desempenho de uma pessoa pela interferência de outra é fundamental na teoria de Vygotsky. Em primeiro lugar porque representa de fato, um momento do desenvolvimento: não é qualquer indivíduo que pode a partir da ajuda de outro, realizar, qualquer tarefa. Isto é. A capacidade de se beneficiar de uma colaboração de outra pessoa vai ocorrer num certo nível de desenvolvimento, mas não antes [24].

Considera, portanto, Vygotsky que há no contexto da aprendizagem a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) que constitui a distância entre o conhecimento real e o potencial, estando presentes nesta as funções psicológicas que ainda não foram consolidadas. Em síntese a ZDP pode ser ressaltada como sendo:

[...] a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes. (op. cit., p. 112).

Tomando como referência as considerações do citado teórico pode-se dizer que grande parte dos conhecimentos que a criança obtém no contexto de sua vida, seja na escola como no seio da família provém da interação que o mesmo tem com o meio e com as pessoas que estão a sua volta, o que se pode citar com desenvolvimento cognitivo como produto do meio e das múltiplas relações sociais que o indivíduo se insere. Compreende-se que:

[...] a aprendizagem não é, em si mesma, desenvolvimento, mas uma correta organização da aprendizagem da criança conduz ao desenvolvimento mental, ativa todo um grupo de processos de desenvolvimento, e esta ativação não poderia produzir-se sem a aprendizagem. Por isso, a aprendizagem é um momento intrinsecamente necessário e universal para que se desenvolvam na criança essas características humanas não-naturais, mas formadas historicamente [24].

A teoria de Vygotsky enfatiza que o desenvolvimento cognitivo do ser humano está fundamentado na possibilidade do sujeito ser no seu cotidiano exposto a interagir com novos conhecimentos que são produtos de situações problemas que o mesmo enfrenta ao longo dos tempos. A cada situação nova vivenciada o indivíduo é levado a buscar a superação dos mesmos, passando assim a se inserir num mundo de investigação e de projeção de novas estratégias e métodos que lhe promovem a condição de conhecedor.

Segundo Vygotsky *apud* Moreira [16], o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social, histórico e cultural no qual ocorre. A expansão dos processos mentais que têm origem em ações sociais é mediada por signos linguísticos<sup>2</sup>. Esses signos atuam como “instrumentos psicológicos”, os quais auxiliam nas atividades psíquicas. Funciona como um facilitador da transformação da natureza, tendo como objetivo mediar à relação entre o indivíduo e o mundo.

Tendo as palavras como signos linguísticos, podemos compreender que a Física, sendo um corpo organizado de conhecimentos, é também uma linguagem que o aprendiz precisa aprender a falar. Moreira [16] acentua que a aprendizagem da Física é mediada por alguns físicos ou alguns professores de Física que utiliza a linguagem humana como meio de comunicação para facilitar a aquisição da linguagem científica.

O professor tem um papel fundamental como facilitador no processo de aprendizagem, e para precisa identificar quais os subsunçores importantes que o aluno precisa ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender o assunto e inserir novos recursos e métodos que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria ministrada de forma significativa [16].

Para Vygotsky [21] o professor é o mediador da aprendizagem do aluno, esta é a ideia implícita na teoria sócio histórica. É o professor que mediatiza o desenvolvimento da relação do aluno com o objeto da aprendizagem. Na interação com o professor e com

---

<sup>2</sup> O signo linguístico é concebido como um elemento representativo, constituindo-se de dois aspectos básicos: o significante e o significado, os quais formam um todo indissolúvel.

os demais alunos se desenvolve diferentes contextos de experiências do aluno com o objeto da aprendizagem.

No entanto, para que o processo de ensino possa favorecer o desenvolvimento de uma prática docente interacionista e, assim poder contribuir com a articulação do aluno como sujeito ativo na construção da aprendizagem acerca dos conteúdos trabalhados em sala de aula é preciso que a didática do professor viabilize o diálogo, a troca de informações e a veiculação do que se pode conceituar como avanço no processo de ensino.

Numa perspectiva interacionista o professor tem que proporcionar condições para que no contexto de suas aulas se possam trabalhar com os conhecimentos que são lançados pelos alunos, evidenciando assim um grau de significado para os mesmos no âmbito do conteúdo curricular. Agindo por esse ângulo, certamente, se perceberá um maior envolvimento do aluno com a perspectiva de aprendizagem e, conseqüentemente um melhor rendimento escolar. O enunciado ora expresso pode ser integrado ao seguinte pensamento:

[...] o sujeito produtor de conhecimento não é um mero receptáculo que absorve e contempla o real nem o portador de verdades oriundas de um plano ideal; pelo contrário, é um sujeito ativo que em sua relação com o mundo, com seu objeto de estudo, reconstrói (no seu pensamento) este mundo. O conhecimento envolve sempre um fazer, um atuar do homem [26].

Nesta perspectiva, o professor precisa no desenvolver de sua docência criar situações que haja a promoção do conhecimento, permitindo a criatividade e naturalidade. Neste ambiente as atividades precisam ser contextualizadas e tendo como ponto de partida a realidade do aluno.

Partindo do dos princípios interacionistas de Vygotsky a escola que postula para atuar de modo vivo e participativo precisa articular condições para que se promova o diálogo, discussões, problematizações e buscas por compreensão conjunta, fazendo-se, portanto, autônoma e representativa dos ideais de todos aqueles que estejam direta ou indiretamente interligadas a mesma. Nesta escola viva e autônoma o processo de construção do conhecimento por si deve ser levado a múltiplas interpretações e análises, constituindo assim uma práxis educativa. Assim tem-se a configuração do que se denomina de mediação social no âmbito escolar uma vez que promove todo um ambiente favorável para que se obtenham novos conhecimentos e, assim promova a aprendizagem.

Na atualidade o papel do professor como mediador do conhecimento tem sido por demais enfocado o que pode ser visto como um resgate da importância que o mesmo tem em relação a promoção da aprendizagem hoje difundida em diferentes contextos e em meio as múltiplas condições políticas e sociais, neste aspecto pode-se destacar a educação no cenário das transformações técnicas e científicas tão acentuadas neste momento.

Em meio aos avanços técnicos e científicos observados no campo educacional, a intervenção do professor como elemento propiciador de orientações e facilitador do processo de aprendizagem tem sido uma temática analisada e posta em estudos em diferentes áreas educacionais. Neste contexto, pode-se citar como exemplo, da aplicação de um material interativo o que acontece em algumas escolas no Texas, nos Estados Unidos como o livro interativo de química, onde os alunos da 9ª série interagem com representações gráficas de elementos químicos em movimento e até em terceira dimensão [27].

O livro interativo de Física apresentado nesta dissertação se insere no exemplo supracitado, onde propõe o uso da linguagem verbal e visual, intermediada pelo livro digital, assim o professor poderá oferecer ao aluno condições práticas para que sejam formuladas estratégias de maneira que ocorra a compreensão dos conteúdos trabalhados pela disciplina. Partindo destas considerações, pode-se dizer que, o trabalho docente vinculado aos recursos tecnológicos disponibilizados tem viabilizado uma maior interação entre professores, alunos e os conteúdos curriculares apresentados aos alunos em sala de aula.

A teoria sócio interacionista, neste contexto, é compatível com as exigências das novas modalidades de relação que são propostas no âmbito das salas de aula em que se fazem o uso de material interativo como no caso do livro que trata o presente estudo, considerando que por meio deste os alunos podem vir a interagir e construir o conhecimento numa ação integrada em sala de aula com seus colegas e com a mediação do professor.

Uma das principais perceptivas que se tem ao propor um trabalho de cunho interacionista no âmbito das salas de aula do ensino fundamental é a de poder favorecer aos alunos a prática de atividades em que os mesmos possam se sentir partes construtoras do seu conhecimento e, que neste aspecto ele possa vir a avançar ao longo de sua trajetória de estudo.

A proposta ora salientada tem na sua conjuntura uma perspectiva de promoção da aprendizagem significativa de Ausubel apreciada nesta dissertação assim como princípios da teoria interacionista de Vygotsky, considerando que se postula a utilização do material proposto pelo professor, no caso o livro digital como um instrumento que integre professor e aluno numa perspectiva de interação em torno de conhecimentos prévios e os que podem ser agregados aos mesmos a partir da experimentação proposta com o material disponibilizado aos alunos em sala de aula.

A interação advinda com os recursos tecnológicos tem permitido uma maior difusão de conhecimentos e assim vem contribuindo para que tanto se promova a formação de novos conhecimentos como também articula os conhecimentos para o que se pode caracterizar como uma aprendizagem significativa, uma vez que os conteúdos trabalhados em sala de aula são levados a despertar o interesse dos alunos.

### 2.3. EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

O avanço tecnológico, nos últimos anos, vem provocando uma mudança considerável no processo de aprendizagem nos conceitos abordados pelo professor dentro e fora das salas de aulas.

Materiais como quadro negro, giz entre outros recursos utilizados pelas escolas tem sido pouco a pouco abolidos das instituições de educação básica, dando espaço para as novas tecnologias e, assim para aulas integradas a uma maior dinamicidade entre o fazer e o aprender.

Fazendo uso dos recursos tecnológicos, segundo concepção de Behar [28], os alunos além de poderem interagir de uma maneira dinâmica com os recursos que lhes são dispostos, pode vir a efetuar pesquisas, organizar as fontes de estudos e publicar informações utilizando para tanto seus conhecimentos prévios. Neste sentido tem-se a aplicabilidade do que enuncia tanto a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel com o sócio-interacionismo de Vygotsky.

A aplicabilidade dos princípios teóricos apresentados nesta dissertação acerca do desenvolvimento da aprendizagem permite compreender que o surgimento de novas tecnologias baseadas no uso do computador tais como: *tablet*, *smartphones* e lousas digitais, associados a aparatos pedagógicos fundamentados em paradigmas educacionais, tornaram-se poderosos contribuintes ao processo ensino-aprendizagem

[2]. Em sentido geral quando se fala em tecnologia no campo da educação formal se faz alusão a um leque de dispositivos, serviços conteúdos e aplicativos digitais.

Dentre os recursos que atualmente um professor pode dispor em sala de aula de algumas unidades de ensino temos as lousas inteligentes ou interativas que permite que os alunos participem de maneira ativa em sala de aula, sendo também capaz de testar o conhecimento que os mesmos adquirem sobre os diferentes conteúdos curriculares estudados, configurando assim uma ação interativa em que o conhecimento é posto em prática de maneira funcional, promovendo a aprendizagem de maneira integrada entre os alunos, professores e o recurso tecnológico.

Segundo Janssen [29], a aprendizagem em rede ao transmitir informações e ao criar condições que mediatiza o desenvolvimento intelectual de diferentes indivíduos contribui na interação social uma vez que impulsiona o desenvolvimento integral do ser.

A teoria de Vygotsky acerca da aprendizagem oferece contribuição no que consiste a aprendizagem em rede ao salientar a interação social como aliada às discussões em grupo que, por conseguinte contribui para a produção do conhecimento por meio de atividades corporativas aliando todos num único objetivo que certamente constitui em obter um nível de aprendizagem significativa.

O desenvolvimento dos trabalhos em rede permite que os grupos venham a interagir de modo a contribuir para que haja o desenvolvimento dos seus participantes, assim passam a serem mediadores da aprendizagem entre si, favorecendo neste sentido a apreensão do conhecimento e, por conseguinte das práticas pedagógicas articuladas no grupo.

A interatividade no interior das salas de aula onde se dispõem de recursos tecnológicos tem permitido ao aluno tomar conhecimento de suas habilidades e competências de maneira mais natural possível, hoje dispondo de recursos tecnológicos os alunos podem interagir com os conteúdos de modo prático e, até em certo sentido poder visualizar o seu nível de aprendizagem de maneira mais rápida possível.

Outro fator que tem sido observado no âmbito escolar é que os alunos de hoje, dificilmente tomam notas escritas das aulas expositivas dos professores, para eles é muito mais prático e útil tirar uma foto ou receber as notas de aula através de seu *e-mail* ou plataformas que permitem o acesso para posterior *download*. Esta mudança de hábito para muitos professores permite-lhes prestar mais atenção às explicações, não gastando tempo tomando notas, e assim, participar mais ativamente nas aulas. No entanto, há

também quem considere que tais mudanças possam trazer também uma carga de problemas com a dispersão entre outros fatores que afete o processo de aprendizagem.

O uso de recursos como imagem, som, efeitos visuais, o texto e a combinação de todos eles aplicado mediante uma técnica criativa e interativa favorece a abstração e reflexão lógica e, conseqüentemente a construção e reconstrução do conhecimento. A aprendizagem advém como fruto das próprias interpretações dos indivíduos que produzem seus pontos de vistas, favorecendo a explicitação do que aprendeu de forma significativa, reflexiva e crítica.

A evolução tecnológica na sala de aula tem mostrado aos alunos o mundo de uma forma mais simples e realista, através de vídeos, *links* para páginas da *web*, animações, interações, entre outros aspectos. Esses recursos aliados a uma dinâmica mais participativa e atuante em sala de aula tanto por parte do professor como do aluno, favorece um maior interesse dos alunos pela aprendizagem dos conteúdos trabalhados nas disciplinas. De acordo com Gabriel [2] favorecer um ambiente desafiador e criador para os alunos no estilo “verifiquem vocês mesmos”, abrem-se caminhos e possibilidades para que ela se desenvolva.

A utilização de recursos tecnológicos em salas de aula da educação básica (ensino fundamental e médio) permite que se observe a prática dos princípios tanto de Ausubel como Vygotsky uma vez que se tem a promoção de discussões, fazendo, portanto, uso de conhecimentos prévios dos alunos, legitimando assim o princípio de que: “Todo o verdadeiro conhecimento é autodescoberto [...] Para realmente possuir um conhecimento ou adquirir uma ideia, o aprendiz precisa descobri-la por si mesmo ou pelos seus próprios discernimentos” [30].

Ao tomar conhecimento de suas potencialidades e possibilidades de atingir um maior nível de aprendizagem a partir das informações coletadas em suas buscas o indivíduo é levado a se conscientizar da importância da sua interação em diferentes contextos sociais, tornando-se, portanto, crítico e atuante.

Segundo Freire [31], *apud* Gabriel [2] “O desenvolvimento de uma consciência crítica que permite ao homem transformar a realidade se faz cada vez mais urgente”. (op.cit.p.110). Integrar tecnologia da informação e comunicação no processo de ensino-aprendizagem constitui na atualidade, uma das principais oportunidades para melhorar e inovar o sistema educacional [32], onde algumas de suas conseqüências podem ser: um sistema de ensino mais eficiente, integrado às novas habilidades profissionalizantes,

maior motivação dos alunos, acesso a conteúdos atualizados, inovação de cenários e, novas metodologias de ensino.

A experiência prática e pesquisas mais recentes mostram que as questões do uso das Tecnologias da Informação e Comunicação – *TICs* são importantes e que não depende apenas de provisões técnicas, mas, fundamentalmente da atitude dos professores na utilização das tecnologias educacionais. Sabe-se que:

Segundo Corrêa [33], *apud* Santos [34], no processo de conhecimento, sempre há uma relação entre a cultura da escola e a cultura que existe fora dela, as quais se articulam num complexo educacional que precisa ser entendido como vivência de todos aqueles que fazem parte da escola.

As *TICs* auxiliam na busca de novos sentidos e estabelecem práticas coletivas que potencializam as relações, e estas suportam as vivências de tal forma que possam promover uma expansão e a ética coletiva, permitindo que o indivíduo seja capaz de valorizar a existência do coletivo [34].

Nas salas de aulas modernas, a tecnologia que mais tem se aliado aos professores são os livros digitais [31]. É importante salientar antes de tudo que existem muitos livros didáticos que se dizem digitais simplesmente por serem a pura e simples conversão do papel para o formato digital, sem incluir qualquer vantagem relacionada ao audiovisual e a interatividade, sendo assim muitas vezes rejeitados pelos professores, principalmente por aqueles que acreditam nas inúmeras possibilidades das *TICs* [31].

Os livros digitais embutidos com recursos multimídias e interacionais que é o produto desse estudo são, geralmente, chamados de livros interativos [35], pois apresentam vários recursos que justificam tal nomenclatura como, por exemplo: recursos audiovisuais, oferecendo explicações e compreensão de conceitos, atualizações e *feedback* rápido das atividades propostas.

Ao contrário de livros de papel, livros interativos podem adaptar-se à realidade e a mudança constante da ciência e da atualidade. Podendo também incluir mudanças curriculares e adequá-las às necessidades do programa, permitindo que o professor tenha uma flexibilidade para selecionar conteúdos, adicionar, alterar, além de oferecer correções imediatas para os alunos, pois esses facilitam os exercícios e a autocorreção. No entanto, para que o professor venha obter sucesso na utilização do livro interativo é importante aproveitar o potencial digital dos alunos e lançar seus conhecimentos tecnológicos para a inovação na cultura digital da escola.

O livro interativo é reconhecido por todos os professores como uma oportunidade de transformação irreversível da estruturação acadêmica atual. É questão de tempo para que o livro didático digital seja integrado a curto ou médio prazo na educação, ao mesmo tempo, que o uso do livro impresso será bastante reduzido [36].

Algumas pessoas ainda consideram importantes os benefícios para a saúde no uso de livros digitais [37] pelo fato de ter menos peso na mochila em comparação aos livros convencionais. Além disso, existe o benefício da sustentabilidade, tendo em vista que muitas árvores serão poupadas ao não serem transformadas em papéis que constituem os livros convencionais.

O livro digital tem contado com uma boa aceitação das famílias de alunos, porque entre alguns benefícios os mesmos podem ser trabalhados em ambientes virtuais despertando o interesse dos alunos. Portanto, pode-se dizer que as *TICs* é uma alternativa para o ensino-aprendizagem, mas, somente o uso adequado e eficiente destas novas tecnologias poderão garantir uma qualidade no aprendizado.

Uma das considerações que se pode acentuar como uma contribuição que o avanço tecnológico tem proporcionando nas salas de aula é a conectividade do aluno com diferentes *sites* de pesquisas, fator este que viabiliza uma maior facilidade do aprendiz ir em busca de informações que lhes permite ampliar o seu nível de conhecimento e, conseqüentemente poder tirar dúvidas e chegar a um maior rendimento na aprendizagem.

Em sentido geral pode-se ainda enfatizar que o uso das tecnologias no cenário educacional tem promovido uma maior abrangência dos conteúdos trabalhados pelas disciplinas curriculares, como também oferecido condições para que o aluno conquiste uma maior maturidade em termos de busca das fontes de conhecimentos.

### 3. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O presente estudo tem como objetivo fazer uma análise dos impactos que um livro interativo, produto educacional do mestrado, pode oferecer aos alunos no transcorrer de suas atividades escolares.

O produto foi aplicado em três turmas do 9º ano do ensino fundamental em uma escola de ensino privado na Cidade de Fortaleza, Ceará. Trata-se de um material diferenciado dos demais encontrado no mercado, elaborado a partir das dificuldades observadas dos alunos em sala de aula levando em consideração a realidade tecnológica que os cercam, já que hoje todos os alunos estão conectados ao mundo virtual utilizando seu *smartphone*, *tablet* e computadores para navegar em páginas de informação, redes sociais, jogos ou utilizar aplicativos de interação.

O aluno da geração Y<sup>3</sup> é mais exigente e atualizado e está sempre buscando uma maneira diferente de se informar, comunicar e conectar-se com o mundo. Essa é a realidade de algumas salas de aulas, o professor precisa utilizar novas ferramentas para atrair a atenção dos alunos. Daí a conveniência das salas de aulas estarem sendo equipadas com recursos tecnológicos, tais como lousas digitais, computadores e *tablets* com aplicativos educacionais.

[...] muitas vezes os professores e profissionais da área de educação são da geração (X<sup>4</sup> e baby boomers<sup>5</sup>) e que os estudantes são das gerações digitais (Y e Z<sup>6</sup>), existe a necessidade de que os educadores conheçam as características predominantes dessas gerações digitais para poderem desenvolver processos educacionais que sejam adequados a elas em função de seu comportamento, interesses nos equipamentos que utilizam, modo como aprendem e a maneira como se relacionam com os outros e com o mundo [2].

No entanto, o que se observa é que o material didático utilizado pelos alunos não tem sofrido grandes transformações no que diz respeito à interatividade. As editoras preocupadas em perder espaço têm buscado se modernizar, e assim fazer um canal entre as novas tecnologias e os métodos de aprendizagem utilizados em sala de aula, no

---

<sup>3</sup> É a geração das pessoas que nasceram após os anos 80, são as pessoas conhecidas também por serem chamadas de geração do milênio ou geração da Internet, que surgiu exatamente por essa época.

<sup>4</sup> É a geração de nascidos entre 1960 e início dos anos 1980.

<sup>5</sup> É a geração que nasceu após a Segunda Guerra Mundial, que foi marcada por um aumento das taxas de natalidade, nascidos de 1946 a 1964.

<sup>6</sup> É a geração dos nascidos a partir do início da década de 2000, também conhecidos como iGeneration.

entanto, muitas vezes não atinge seu objetivo, que é dinamizar a interação material didático-aluno.

O professor vivenciando a realidade da escola que leciona, e do nível de aprendizagem que seus alunos se encontram, em muitas ocasiões procura enriquecer o material didático adotado pela escola, visando um maior rendimento do aprendiz e a conquista da aprendizagem significativa. O material apresentado nesta pesquisa é lançado justamente a esses profissionais que se integram na perspectiva de subsidiar melhores recursos para que haja a promoção da aprendizagem.

Na perspectiva de atender os profissionais da área de educação o mercado de aplicativos começa a despertar para a produção de *e-books*, livros interativos, lançando vários programas que ajudam a editar de forma simples um material, propiciando oportunidades para aqueles que sempre tiveram a intenção de confeccionar livros de própria autoria.

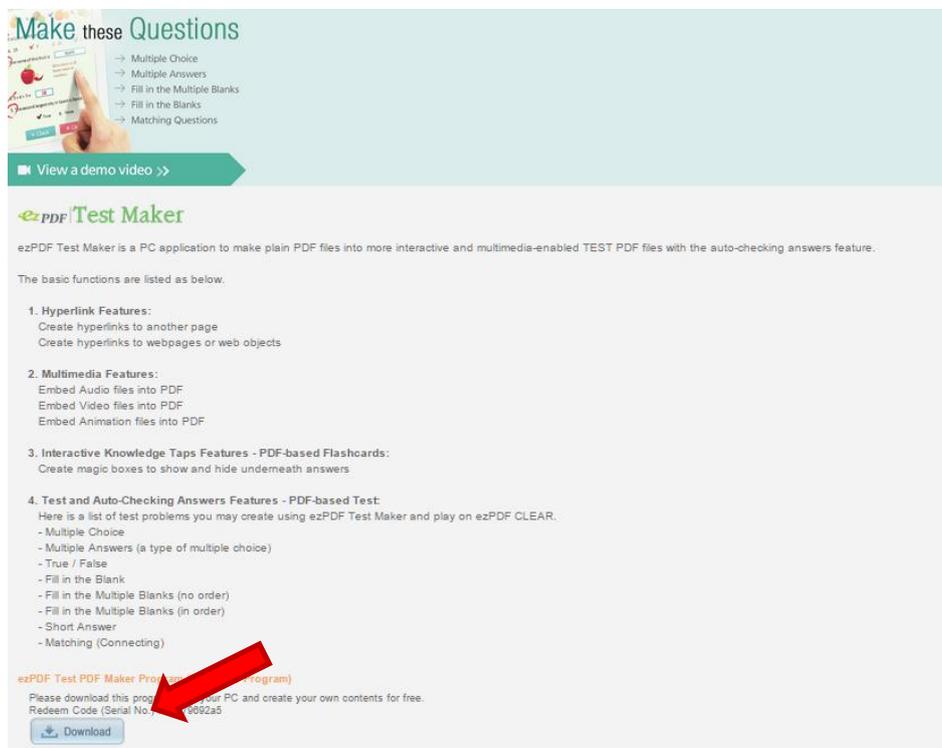
Para a produção do livro interativo, utilizamos o aplicativo *ezPDF Test Maker*, que está acessível de forma gratuita, que permitem ao professor inserir vídeos, figuras, sons e questões interativas das mais diversas formas, dando ao aluno uma resposta rápida, inclusive com notas e porcentagens de acertos. Este é um dos poucos aplicativos que permitem ao autor fazer uma editoração de livro interativo com vários recursos multimídias e o único disponibilizado de forma gratuita, tornando assim acessível para todo tipo de público. Foi utilizado também o *Adobe Acrobat XI Pro*, que conta com uma versão de avaliação gratuita, para dar um aspecto mais profissional. Além desses, outro aplicativo, o Socrative, foi usado neste trabalho, no entanto seu objetivo era mensurar o rendimento obtido pelos alunos através do uso do livro interativo.

### 3.1. SOFTWARE EZPDF TEST MAKER

O aplicativo *ezPDF* é um aplicativo para computador, utilizado para transformar arquivos PDF simples em arquivos PDF interativo, embutidos com recursos multimídias e questões com respostas automáticas. Dentre as funções básicas cita-se: *hyperlinks* para *webpages* e recursos multimídias, tais como, áudio, vídeo e animação, encastado no arquivo sem a necessidade de estar conectado na internet. É possível também inserir questões de auto resposta em vários estilos, como múltipla escolha, verdadeiro ou falso, completar espaços, dentre outros.

O citado *software* pode ser encontrado e feito *download* pelo site [http://m.unidocs.com/ezPDF\\_Test\\_Maker.html](http://m.unidocs.com/ezPDF_Test_Maker.html), conforme mostra a figura 3.1.

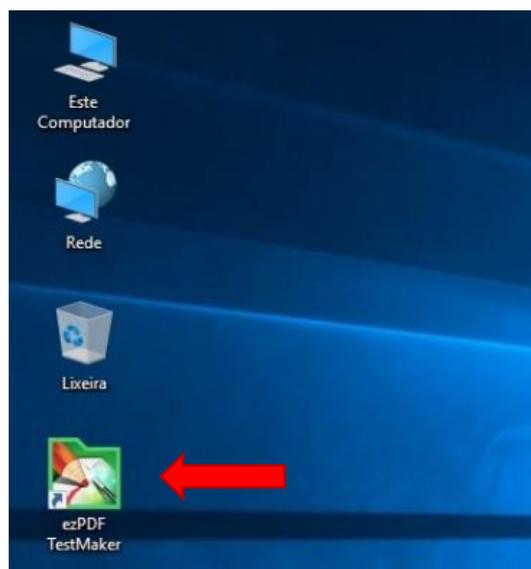
Figura 0.1 – Tela de apresentação do *Software*.



Fonte: [http://m.unidocs.com/ezPDF\\_Test\\_Maker.html](http://m.unidocs.com/ezPDF_Test_Maker.html) [38].

Ao acessar a página e clicar no ícone *Download*, indicado pela seta vermelha na figura 3.1, o arquivo levará pouco tempo até ser baixado completamente, dependendo da conexão de internet utilizando. Após ter finalizado o download do *software ezPDF Test Maker*, e ter feito a instalação, aparecerá um ícone do aplicativo na área de trabalho, figura 3.2. Basta clicar neste ícone e começar a trabalhar.

Figura 0.2 – Ícone do aplicativo na área de trabalho.



Fonte: O próprio autor.

É fundamental para quem pretende criar um livro interativo, ter o arquivo que deseja utilizar no formato PDF, e que o mesmo seja editável, o programa não reconhece arquivos digitalizados caso a intenção seja criar questões interativas. Com o arquivo aberto será possível usufruir das ferramentas principais que o aplicativo oferece, conforme se pode visualizar na figura 3.2.

Figura 0.3 – Barra de Ferramentas do Software.



Fonte: Software *ezPDF Text Maker*.

O software *ezPDF Test Maker* está disponível apenas na versão de língua inglesa, porém mesmo quem não domina o idioma não terá dificuldades, pois as ferramentas são intuitivas.

O produto educacional que foi criado pelo professor/autor para os alunos de uma escola de ensino privado teve como finalidade contemplar o conteúdo de óptica

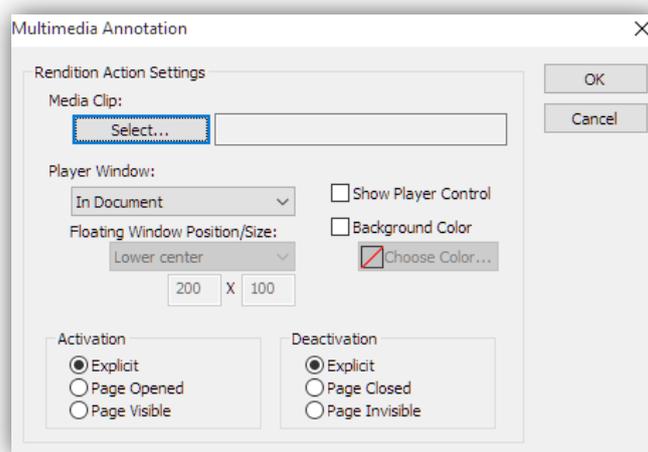
geométrica, constante na ementa de Física do 9º ano na respectiva instituição, pois a instituição permitiu a aplicação com a condição de que fosse um projeto piloto<sup>7</sup>, já que uma mudança completa só pode ocorrer com uma boa discussão e um bom planejamento.

O livro de física adotado pela instituição foi criado pela equipe de professores da mesma, onde é abordado vários assuntos de física, de forma que os alunos possam adquirir conhecimentos prévios do ensino médio. Portanto, nosso produto educacional tem como referência este material criado pela instituição, e assim, usando o *software ezPDF Test Maker* deixamos o material mais dinâmico e interativo, tornando a aprendizagem mais perspicaz para os alunos.

Uma vantagem do software é substituir uma simples figura estática por um vídeo que apresenta o fenômeno passo a passo, tornando mais fácil a idealização do aluno sobre determinados assuntos, principalmente os mais abstratos.

Para inserir um vídeo no arquivo utilizado, basta clicar no ícone “inserir multimídia” na barra de ferramentas, mostrado na figura 3.3. Ao abrir a janela Multimedia Annotation, o professor/autor deve clicar no botão Media Clip, para selecionar o vídeo que deseja embutir no seu arquivo, feito a seleção do arquivo de vídeo, basta clicar no botão OK para concluir o processo.

Figura 0.4 – Janela para inserir recursos multimídias.



Fonte: Software *ezPDF Text Maker*.

Exemplificando a utilização dos recursos multimídia no livro interativo, a figura 3.4 mostra um vídeo que foi inserido no produto educacional. Ao acessar o livro

<sup>7</sup> Projeto experimental em que se analisam diversos aspectos de algo dentro de um determinado prazo para posteriormente sua implantação definitiva ou não.

interativo o aluno pode observar a imagem de uma aurora boreal, que no material impresso não refletiria para o aluno o verdadeiro efeito observado nos céus durante a ocorrência do fenômeno, porém quando o aluno visualiza a legenda percebe que se trata de um filme e ao clicar, o arquivo abre instantaneamente na própria página mostrando um vídeo do fenômeno.

Figura 0.5 – Aurora Boreal.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=fVsONlc3OUY> [39].

Outra vantagem do material criado pelo *ezPDF Text Maker* é a utilização de figuras ou fotos com qualidade superior às utilizadas em materiais impressos que permitem ao aluno redimensionar no próprio *tablet* sem perda de qualidade.

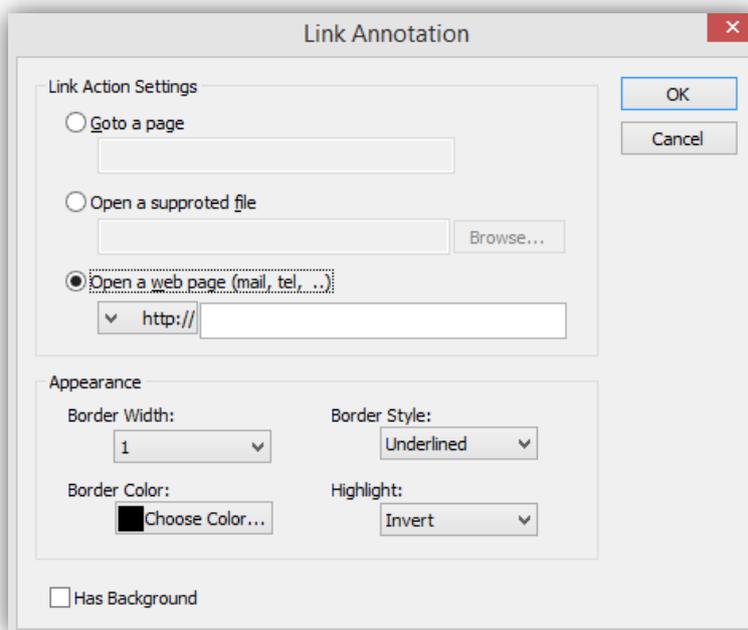
Além de informações sobre o conteúdo disciplinar, o livro dispõe também de vários *hiperlinks*<sup>8</sup>, com informações adicionais a respeito de pesquisadores ilustres, destacando sua bibliografia e obras. Quando o aluno detecta um *hyperlink*, já sabe que existem mais informações a respeito daquele assunto, de tal forma que ao clicar, uma página da *web* abre com o respectivo *link* embutido na palavra destacada. Para usar essa ferramenta é necessário que o *tablet* do aluno esteja conectado na internet.

Para embutir um *link* a um determinado nome ou frase, é necessário apenas selecionar a parte do texto desejada, clicando antes na ferramenta *Link Anotation* (*Anotar um Link*), ao abrir a janela de edição (Figura 3.6) basta colocar a URL<sup>9</sup> da página desejada, clicando no botão *Open a web page* (*Abrir uma página na WEB*).

<sup>8</sup> Trechos de textos que ligam uma página a outra. Nele existe um código que permite que, clicando com o mouse sobre o texto, se mude a página do navegador para uma nova página relacionada ao texto.

<sup>9</sup> É um endereço virtual com um caminho que indica onde está o que o usuário procura, e pode ser tanto um arquivo, como uma máquina, uma página, um site, uma pasta etc. Url também pode ser o link ou endereço de um site.

Figura 0.6 – Janela de edição de links.

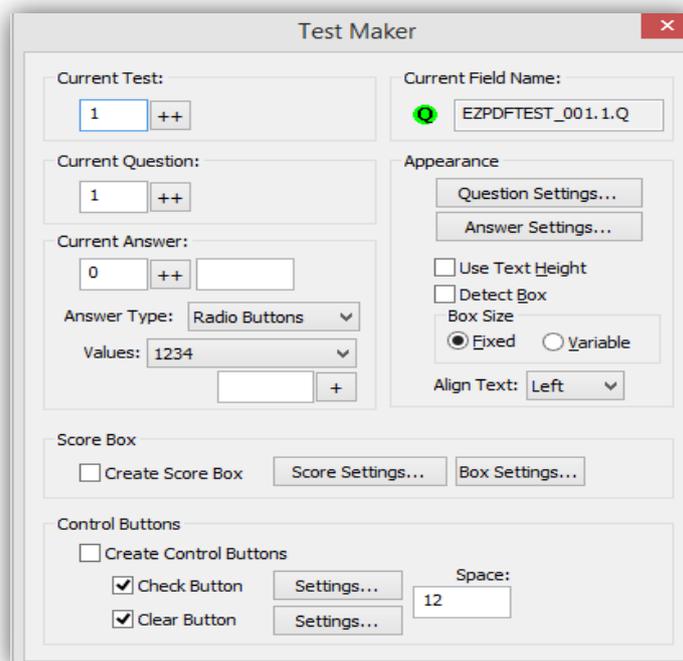


Fonte: Software *ezPDF Text Maker*.

De todas as funções que o material pode agregar, uma que aparece com bastante destaque está relacionada com a interatividade, por exemplo, as questões com respostas imediatas, pois elas permitem que o professor/autor edite seu material para questões objetivas, estilo V ou F, subjetivas, dentre outras, como mostra a figura 3.7, dando ao aluno a possibilidade de fazer a correção ao final de cada atividade, podendo o professor colocar o *feedback* da atividade com notas ou porcentagens de acertos.

Para a edição das questões basta que o professor/autor clique no botão *Text Maker Tool (Ferramenta de Questões)*, que abrirá uma janela como mostrado na figura 3.7. Na janela de edição das questões o professor/autor escolhe o tipo de questão desejada no Botão *Answer Type (Tipo de resposta)*, em seguida ele irá clicar na questão que pretenda inserir a edição, e nos itens caso a questão seja neste estilo. Caso deseje que o aluno tenha o *feedback* rápido no final de cada exercício, será possível inserir um botão “correção” que corrige as questões resolvidas pelo aluno e um botão “apagar”, que apaga as questões resolvidas no arquivo, neste caso é importante que a opção *Create Control Buttons (Criar botões de Controle)* esteja selecionada.

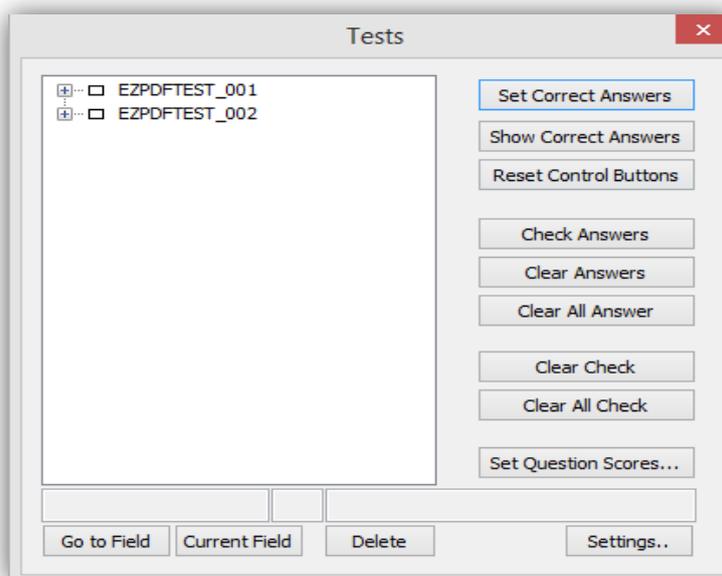
Figura 0.7 – Janela de Edição das questões.



Fonte: Software *ezPDF Text Maker*.

Após todas as questões terem sido editadas, o professor precisará gabaritar as questões clicando no botão Lista de testes na caixa de ferramentas. A janela *Tests* (Testes) irá abrir e o professor/autor poderá visualizar todas as questões embutidas no arquivo (figura 3.8).

Figura 0.8 – Janela de Edição do gabarito.

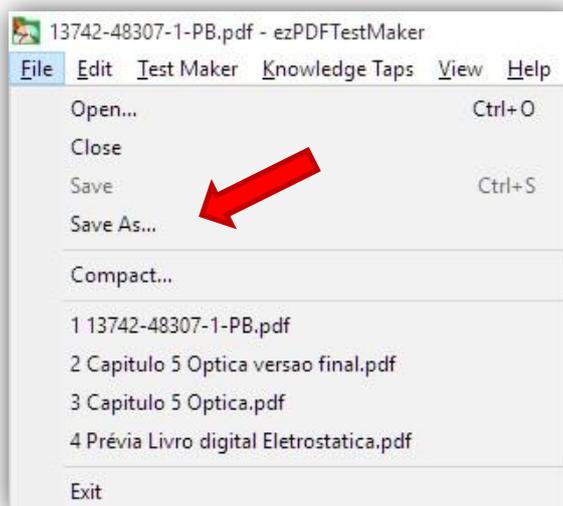


Fonte: Software *ezPDF Text Maker*.

Finalizado o gabarito é necessário gravar as questões corretas no arquivo clicando no botão *Set Correct Answer* (Definir Resposta Correta).

Depois de adicionando todos os recursos multimídias e questões de respostas rápidas, o arquivo é compactado clicando no botão *compact*, encontrado na aba File (arquivo), como mostra a figura 3.9. Feito isso o arquivo pode ser salvo e estará pronto para uso nos *tablets* e *smartphones*.

Figura 0.9 – Janela de Edição do gabarito



Fonte: Software *ezPDF Text Maker*.

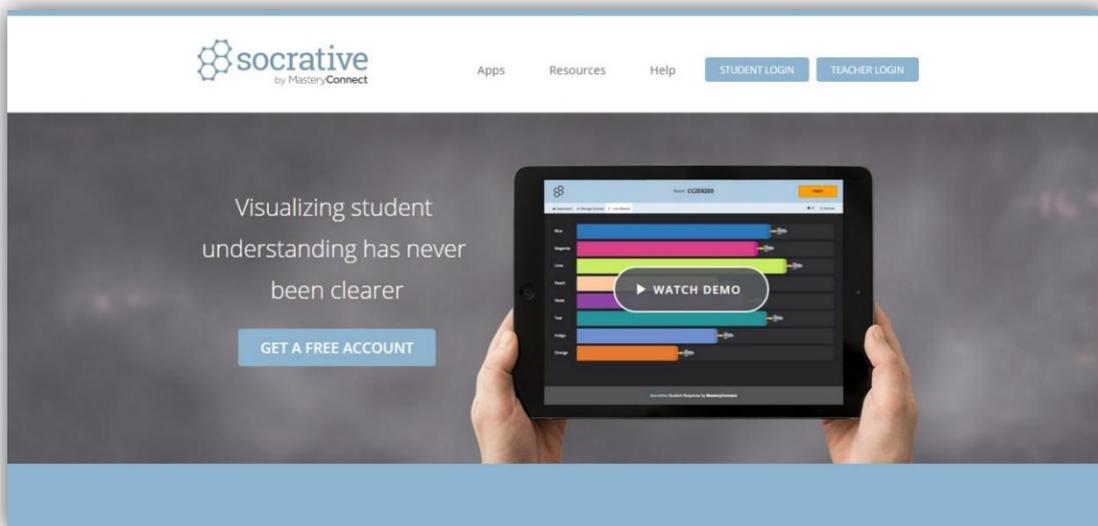
Com o material educacional finalizado, os alunos serão orientados pelo professor a fazer alguns procedimentos no seu *tablet* ou *smartphone*. A princípio é necessário que o aluno faça o *download* do aplicativo *ezPDF clear* que existe em várias plataformas, como por exemplo, *android* e *iOS*, já que este aplicativo permite que o aluno faça uso do produto educacional com os recursos disponíveis. No segundo momento, o professor disponibilizará o arquivo finalizado do produto educacional para os alunos.

### 3.2. SOCRATIVE

O Socrative é um aplicativo gratuito que permite interação entre o professor e o aluno a partir do *tablet*, computador ou *smartphone*, permitindo, portanto, dinamizar essa relação dentro e fora de sala de aula em tempo real. No caso da realização de atividades extraclasse, é possível também fazer um mapa sobre o desenvolvimento de cada aluno, bastando para isso, que haja uma conexão com a internet.

O Socrative permite ao professor ter a opção de fazer uso no próprio *website*, sem a necessidade de fazer o *download* ou caso deseje fazer uso de dispositivos móveis o mesmo poderá fazer o *download* do aplicativo Socrative versão professor (*Socrative Teacher*) na loja de aplicativos do sistema operacional, no entanto o aluno precisa fazer o *download* do aplicativo, versão estudante (*Socrative Student*) para que possa acompanhar e participar das aulas propostas pelo professor com o uso da plataforma. A figura 3.9 mostra a página inicial do Socrative.

Figura 0.10 – Página inicial do aplicativo Socrative para computador.



Fonte: <http://www.socrative.com> [12].

Para o primeiro acesso do professor é necessário fazer um registro inicial, com os dados pessoais, e logo em seguida fazer o acesso utilizando o e-mail do mesmo e senha criada. Neste perfil é criado um identificador de turma, usado como chave de entrada para acesso dos estudantes. Apesar deste aplicativo está disponível somente na língua inglesa, a interação é fácil com os ícones do aplicativo. Além do mais todas as questões para elaboração da atividade podem ser escritas na língua portuguesa. A figura 3.10 mostra o ambiente apresentado ao professor da disciplina.

No ambiente de aprendizagem da figura 3.10, o professor é responsável pela inserção das atividades relacionadas aos conteúdos ministrados em sala de aula com repostas tipo múltipla escolha, verdadeiro ou falso, ou de repostas curtas. Estes questionários, quando disponibilizados e respondidos em tempo real, dão maior interatividade entre professor e aluno, já que o Socrative permite todo o detalhamento do desenvolvimento do aluno nesta atividade, ou seja, o aplicativo retorna com os

quantitativos de respostas, a percentagem de acertos, bem como as respostas erradas. Tudo isso num curto espaço de tempo. Este feedback permite ao professor ter uma percepção da compreensão do tema em estudo e adequar a abordagem ao assunto, caso se mostre necessário, bem como preparar e adaptar atividades complementares para extra sala de aula e assim, sanar as dificuldades dos alunos.

Figura 0.11 – Ambiente virtual do perfil do professor da turma fc553bc4.



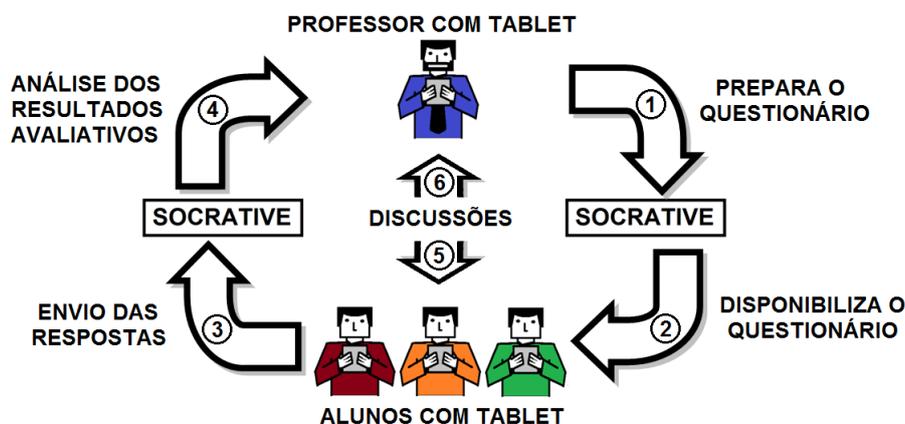
Fonte: Aplicativo Socrative.

De mão aos resultados obtidos, o professor poderia progredir para o tópico seguinte ou fazer nova abordagem aos tópicos lecionados. Sempre que requerido os alunos tinham acesso aos dados individuais recolhidos e aos trabalhos de forma sistemática no decurso da aula sobre o tema em estudo.

Toda esta interação no ambiente virtual do Socrative entre professor e aluno é ilustrada pela figura 3.11.

Inicialmente o professor prepara o questionário de atividades em um momento extra sala com questões relacionadas ao assunto ministrado, o questionário é alimentando com perguntas e várias respostas sendo que uma delas é marcada como o item correto (Passo 1). Após ter finalizado o questionário, o arquivo é salvo e permanece arquivado para ser utilizado em um outro momento.

Figura 0.12 – Diagrama de interação entre professor e alunos usando o Socrative.



Fonte: O próprio autor.

Em seguida, o professor em sala de aula acessa sua conta no Socrative fazendo login com seu e-mail e senha, e cria uma sala virtual, logo em seguida, pede que os alunos também acessem suas respectivas contas para poder iniciar a atividade entrando na sala virtual criada pelo professor (passo 2). O professor de posse do seu *tablet* ou através da *lousa* digital ao visualizar que todos os alunos estão conectados ao Socrative disponibiliza o questionário previamente elaborado.

Após os alunos responderem o questionário, suas respostas (passo 3) são enviadas para o sistema Socrative e posteriormente pelo professor ou por todos, caso o professor resolva explicar para todos os resultados obtidos.

O professor faz a análise (passo 4) de todas as questões mostrando o índice de acertos e o índice de erros por item, esse resultado é mostrado através de um gráfico de barras na *lousa* e nos *tablets*.

O professor faz intervenções, correções e explicações em cada questão (passo 5), a partir da análise do gráfico de erros e acertos (passo 4). E por último, passo 6, depois das discussões mostra um *feedback* aos alunos sobre as novas respostas.

Vale salientar que o software *ezPDF Text Maker* foi a ferramenta utilizada para se criar o livro interativo, produto educacional do mestrado, e o uso do aplicativo Socrative serviu como uma ferramenta de apoio para coletar os dados dos alunos com o objetivo de mensurar a aprendizagem significativa com um questionário de óptica geométrica, assunto abordado no produto educacional. Tanto o *software ezPDF Text Maker* como o aplicativo Socrative são ferramentas que podem ser inseridas em um

ambiente pedagógico com a proposta de dinamizar a aula com ferramentas digitais, afim de enriquecer as aulas e assim facilitar o aprendizado.

A vantagem de utilizar o aplicativo Socrative, consiste na simplificação na obtenção dos resultados, pois o aplicativo cria uma planilha de dados tendo como base o desempenho dos alunos, podendo ser utilizados em várias áreas de pesquisa, porém o aplicativo para ser utilizado exige que o estudante disponha de internet, dificultando dessa forma a sua utilização em várias escolas escassas de recursos.

#### 4. CONCEITOS BÁSICOS DE ÓPTICA GEOMÉTRICA

Muitas pesquisas sobre o ensino e aprendizagem têm sido realizadas na educação do ensino fundamental II, algumas especificamente sobre a disciplina de Ciências do 9º ano [40]. Neste ano, a disciplina de Ciências é dividida em Física e Química, o que requer do aluno um pensamento lógico, capacidade de abstração, além de um pouco de algébrica e aritmética para resoluções de alguns problemas.

A disciplina de Física no 9º ano é ministrada apenas em um semestre letivo, tornando seu ensino fragmentado e deficiente. Aliado a isto, existe uma ementa extensa que aborda assuntos de Mecânica, Ondas e Termodinâmica e Eletricidade, fazendo com que o conteúdo seja apresentado de forma superficial. Outra dificuldade encontrada são os livros didáticos direcionados para esse público, já que a ementa de Física do 9º ano é uma apresentação dos conteúdos das ementas vistas nos anos posteriores (Ensino médio). Daí a necessidade do professor utilizar materiais adaptados, muitas vezes criados pelo próprio pedagogo, com o objetivo de tornar o ensino mais didático, prazeroso e significativo.

O assunto abordado durante a aplicação do produto educacional foi a Óptica Geométrica, portanto serão apresentados conceitos básicos que concerne esta ementa. O conteúdo de óptica introduzirá assuntos tais como: fenômenos luminosos, propagação da luz, velocidade da luz, tipos de espelhos, dióptros (lentes esféricas) e óptica da visão.

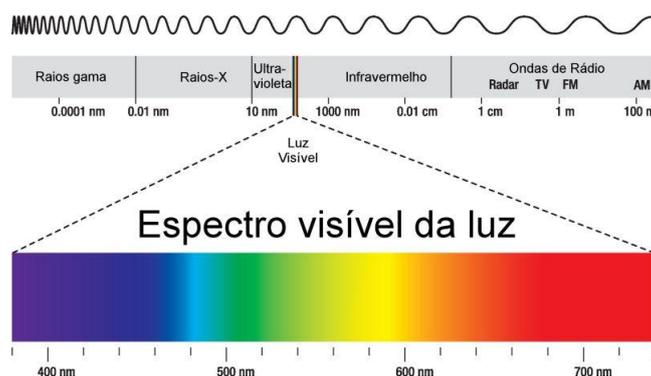
A óptica é a parte da Física que estuda a luz e os seus fenômenos luminosos e é dividida em óptica geométrica e óptica Física. A primeira estuda os fenômenos luminosos baseados em leis empíricas, que são explicados sem que haja a necessidade de conhecer a natureza física da luz, além disso, a óptica geométrica usa a geometria como ferramenta de estudo. Já a óptica Física estuda a compreensão da natureza física da luz e fenômenos como interferência, polarização, difração, entre outros.

Uma vantagem da óptica geométrica é que ela aborda fenômenos instigantes que aguçam a curiosidade do aluno, favorecendo dessa forma, a utilização de recursos multimídias embutidos no livro interativo.

## 4.1 A LUZ

A luz é uma forma de energia radiante e compreende apenas uma minúscula parte de uma larga faixa das ondas eletromagnéticas que é composta de ondas de rádio, micro-ondas, radiação infravermelho, a luz visível, os raios ultravioleta, os raios X e a radiação gama, chamada de espectro eletromagnético [41], como mostra a figura 4.1.

Figura 0.1 – Espectro eletromagnético.



Fonte: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico> [42].

A luz se propaga tanto nos meios materiais e quanto no vácuo. A luz emanada pelo Sol percorre 150.000.000 km a uma velocidade de aproximadamente 300.000 km/s. Assim, a luz emitida pelo Sol, nesse exato momento em que você está lendo este texto, só vai chegar a Terra daqui a cerca de 8 minutos. Em relação às distâncias percorridas pela luz das outras estrelas até a Terra, verifica-se que elas são representadas por números extremamente grandes. Por exemplo, a luz emitida pela Estrela Alfa da Constelação de Centauro – a segunda estrela mais próxima da Terra – demora aproximadamente 4,3 anos para chegar a Terra. Por causa desses números extensos, é muito comum medir essas enormes distâncias com a unidade ano-luz, que é a distância percorrida pela luz no vácuo em um ano, essa medida astronômica vale aproximadamente  $9,46 \times 10^{12}$  km, calculada através do produto da velocidade da luz no vácuo pelo tempo de um ano em segundos [43].

As auroras são verdadeiros shows de luzes coloridas e brilhantes, que ocorrem em função do contato dos ventos solares com o campo magnético do planeta Terra, sendo chamado de aurora boreal quando esse fenômeno ocorre em regiões próximas ao Pólo Norte e aurora austral quando acontece em regiões próximas ao Pólo Sul [44]. A figura 4.2 mostra o fenômeno de uma aurora boreal.

Figura 0.2 – Fenômenos da aurora boreal.



Fonte: <http://freewebpoint.com/aurora-borealis-facts> [45].

#### 4.11. Fontes de Luz

Todo corpo capaz de emitir luz, ou seja, todo corpo visível, é uma fonte de luz. Corpos capazes de produzir e emitir luz própria recebem o nome de fonte primária ou corpos luminosos, e corpos que emitem ou difundem luz de uma fonte primária damos o nome de fonte secundária ou corpos iluminados.

As fontes primárias de luz podem ser naturais ou artificiais. Estrelas e alguns animais (vaga-lumes e peixes abissais) cujos organismos produzem e irradiam luz, são exemplos de fontes naturais. Por outro lado, lâmpada acesa é exemplo de uma fonte artificial de luz.

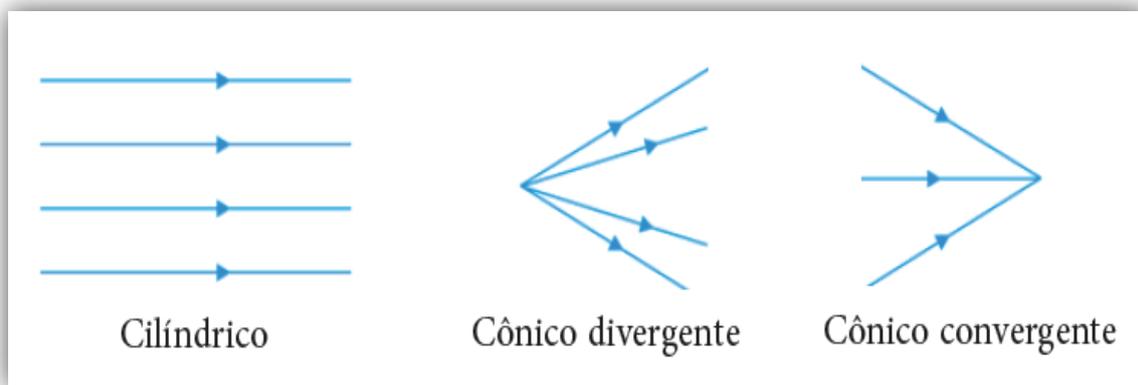
A maioria dos corpos não irradia luz própria, ou seja, não são luminosos. Os corpos não luminosos, como a Lua ou as páginas deste livro, são fontes secundárias de luz, as quais somente são visíveis quando refletem a luz. Esses corpos são chamados de corpos iluminados [46].

Os corpos iluminados podem, em determinadas condições, tornar-se corpos luminosos, como é o caso de um metal aquecido ao rubro ou um pedaço de carvão em brasa.

Para representar uma propagação luminosa utilizam-se os raios de luz, que são linhas orientadas que definem a direção e o sentido de propagação da luz. Os raios de luz não têm existência física; são meros elementos geométricos de representação. A energia luminosa de uma lâmpada irradiando em todas as direções pode ser representada por raios luminosos.

Qualquer conjunto de raios de luz é um feixe de luz. Se os raios do conjunto tiverem um vértice comum, o conjunto é um pincel de luz. Os pincéis são classificados em três tipos: raios paralelos (ou cilíndricos), que corresponde a raios de luz que mantêm uma distância constante um dos outros, ou seja, são paralelos. Raios convergentes, neste caso os raios de luz se aproximam um dos outros ao longo da trajetória, e raios divergentes, que se afastam um dos outros ao longo da trajetória [46]. A figura 4.3 mostra os três tipos de pincéis de luz.

Figura 0.3 – Pincéis de raios.

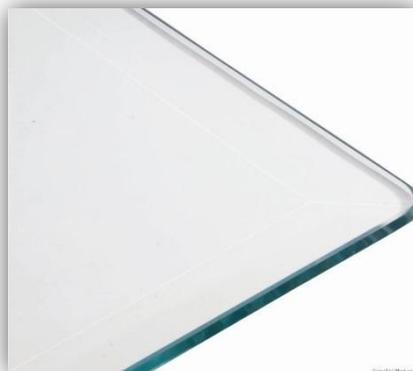


Fonte: Produto Educacional [46].

#### 4.1.2 Meios Ópticos

Os materiais são classificados de acordo com o seu comportamento à passagem da luz, podendo ser classificados como: transparentes, translúcidos e opacos. Os corpos transparentes são aqueles que permitem que a luz os atravesse descrevendo trajetórias regulares e bem definidas, sendo o vácuo o único meio absolutamente transparente. A figura 4.4 mostra o vidro hialino, que é um material transparente.

Figura 0.4 – Material transparente.



Fonte: Produto Educacional [46].

Os corpos translúcidos são aqueles que a luz ao atravessá-los descreve trajetórias irregulares, ocorrendo um espalhamento aleatório provocado pelas partículas deste meio. A figura 4.5 ilustra o vidro fosco, exemplo de material translúcido.

Figura 0.5 – Material translúcido.



Fonte: Produto Educacional [46].

Os materiais opacos por sua vez são os corpos que não permitem a passagem da luz, sendo a luz parcialmente absorvida e parcialmente refletida ao atingir a superfície deste corpo [46]. A figura 4.6 mostra uma tela de projeção, objeto muito utilizado para se projetar imagens reais.

Figura 0.6 – Material opaco.



Fonte: Produto Educacional [46].

### 4.1.3 A cor de um corpo

À luz do Sol, os objetos se apresentam nas mais variadas cores: azuis, verdes, vermelhos etc. Mas como explicamos esse fato, se todos os objetos são iluminados com a mesma luz do Sol? Inicialmente, é necessário entender que a luz que provém do Sol é uma luz branca (branco-amarelada). Essa luz é policromática, composta de sete radiações monocromáticas: vermelha, alaranjada, amarela, verde, azul, anil e violeta [47]. A figura 4.7 ilustra a luz branca sofrendo dispersão após incidir na superfície de um prisma.

Figura 0.7 – Prisma.



Fonte: Produto Educacional [46].

Levando em conta que os objetos não se comportam do mesmo modo em relação às radiações: determinados objetos refletem difusamente todas as radiações componentes da luz branca; outros refletem somente algumas, e há os objetos que

podem absorver todos os componentes da luz que incide sobre eles. O importante é o componente (ou componentes) refletido difusamente pelo objeto. Se um objeto iluminado com luz branca refletir difusamente apenas o componente verde, ele será visto por nós na cor verde; se refletir somente a cor vermelha, será visto na cor vermelha, e assim por diante.

#### 4.1.4. Fenômenos da Propagação da Luz

Quando a luz atinge a fronteira entre dois meios ópticos, podem ocorrer três fenômenos luminosos: a reflexão, a refração e a absorção, como mostra a figura 4.8.

Figura 0.8 – Fenômenos Luminosos.



Fonte: Produto Educacional [46].

A reflexão da luz é um fenômeno óptico que ocorre quando a luz incide sobre uma superfície e retorna ao seu meio de origem. Esse processo pode ser classificado como regular ou difuso. A refração é o fenômeno que ocorre com a luz quando ela passa de um meio homogêneo e transparente para outro meio também homogêneo e transparente, porém diferente do primeiro. A absorção é o fenômeno que ocorre quando a luz é absorvida pelo meio de propagação. É importante observar que esses três fenômenos podem ocorrer simultaneamente. Em uma piscina, a luz solar é refletida na superfície da água, ao mesmo tempo em que a água se aquece por absorver a energia radiante e se ilumina pela luz refratada. Quando ocorre mudança de meios (ar/água), a velocidade de propagação e na direção também muda [46].

### 4.1.5 Princípios da Óptica Geométrica

Existem três princípios em que a óptica geométrica se baseia:

- Princípio da Propagação Retilínea da Luz: a luz se propaga em linha reta nos meios homogêneos e transparentes. Considera-se um meio homogêneo aquele que apresenta as mesmas propriedades em todos os seus pontos.

Exemplo: um objeto quadrado projeta sobre uma superfície plana uma sombra quadrada.

- Princípio da Independência dos Raios Luminosos: as trajetórias dos raios de luz são independentes, ou seja, quando vários feixes luminosos são emitidos, simultaneamente, por fontes diferentes, cada um deles se comporta como se os outros não existissem, dessa forma, os feixes podem se cruzar sem que um altere a propagação do outro.

Exemplo: Num teatro os holofotes específicos iluminam determinados pontos, ou atores no palco. Mesmo quando há movimentos e os atores mudem suas posições no palco e os feixes de luz sejam obrigados a se cruzar, os atores ainda serão iluminados da mesma forma.

- Princípio da Reversibilidade dos Raios Luminosos: se estabelece que a trajetória de um raio de luz não se modifica quando se inverte o sentido de sua propagação dessa maneira as trajetórias dos raios de luz que vão de um ponto A até um ponto B são as mesmas dos raios que vão de B para A [46].

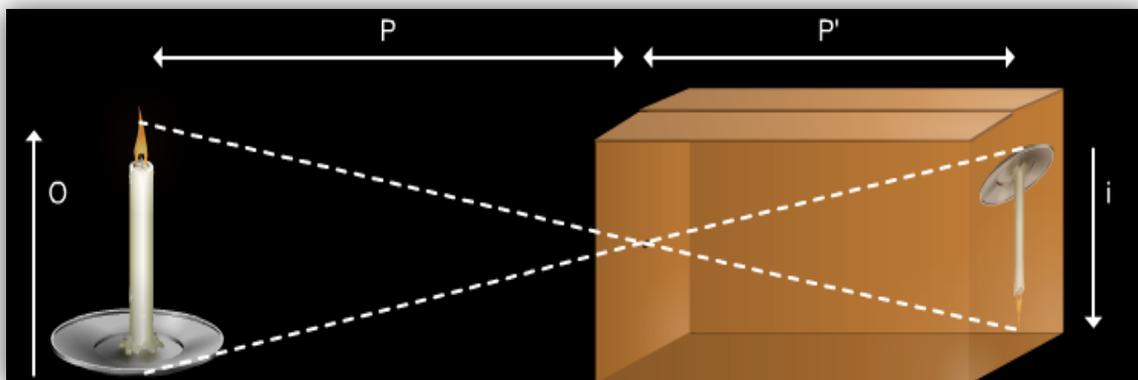
Exemplo: Duas pessoas conversando dentro de um carro, uma no banco da frente e outro no de trás, se olhando pelo retrovisor central. A luz percorre a mesma trajetória em sentido contrário.

## 4.2 CÂMARA ESCURA

A câmara escura de orifício é uma caixa feita de material opaco, com um orifício em uma das faces, para penetração da luz. Quando um objeto luminoso, ou iluminado, é colocado diante da face em que há o orifício, é obtido na face oposta e paralela uma figura geometricamente semelhante ao objeto, porém invertida. Essa última face pode ser feita com papel vegetal, ou outro material translúcido, para permitir a observação, pelo lado de fora da caixa, da figura projetada. Esse dispositivo visto na figura 4.9 dá

uma ideia do princípio de funcionamento de uma máquina fotográfica e do olho humano [46].

Figura 0.9 – Câmara escura de orifício.



Fonte: <http://www.mundoeducacao.com/fisica/camara-escura-orificio.html> [48].

Analisando a figura e observando a semelhança dos triângulos determinados pelos raios de luz, temos:

$$\frac{O}{P} = \frac{i}{P'}$$

sendo  $O$  o comprimento do objeto,  $i$  o comprimento da imagem,  $P$  a distância do objeto ao orifício da câmara escura e  $P'$  a distância da imagem ao orifício da câmara escura.

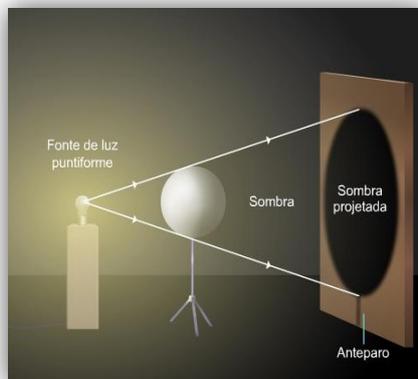
Através da câmara escura é possível ainda constatar os três princípios da Óptica Geométrica: princípio da independência, através do fato de que os raios se encontrarem na região do orifício não interferir na propagação de cada um deles; a propagação retilínea ser a responsável pelo fato de a imagem ser geometricamente semelhante ao objeto; e, de acordo com o princípio da reversibilidade, pode-se inverter a região externa à câmara escura com a região interna, que o esquema de construção da imagem continua válido [46].

#### 4.3. SOMBRA E PENUMBRA

Na Óptica, a palavra sombra significa “região não iluminada”. Ela pode ser produzida pela interposição de um objeto opaco entre uma fonte de luz e um anteparo. A sombra é consequência da propagação retilínea da luz. Observando as sombras, verifica-se que algumas delas têm contornos bem definidos, mas outras não.

Na figura 4.10, temos um objeto que é atingido por um pincel cilíndrico, neste caso o contorno da sombra é bem definido.

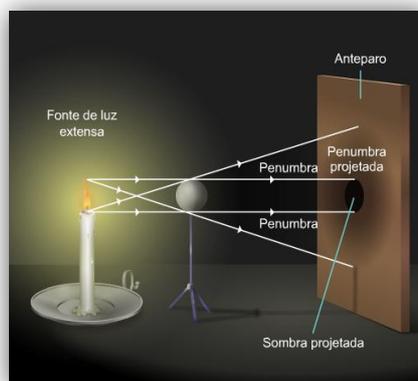
Figura 0.10 – Fonte de luz pontual.



Fonte: <http://well31.comunidades.net/sombra-e-penumbra> [49].

Pela figura 4.11, é possível observar a formação de três regiões: a primeira, totalmente escura, denominada de sombra; a segunda, uma região parcialmente iluminada, conhecido como penumbra; e a terceira, uma região totalmente iluminada. Este fato pode acontecer quando a fonte de luz é extensa.

Figura 0.11 – Fonte de luz extensa.



Fonte: <http://well31.comunidades.net/sombra-e-penumbra> [49].

### 4.3.1 Eclipses

A palavra eclipse significa “ocultação” total ou parcial de um astro pela interposição de outro, entre o astro e o observador, ou entre um astro luminoso e um astro iluminado. Ocorre eclipse do sol quando a lua, em seu movimento de translação,

coloca-se entre o sol e a terra, figura 4.12. Conforme a localização de um observador, ele pode ver um eclipse total ou um parcial. Há ainda a possibilidade de um observador não conseguir perceber o eclipse [47].

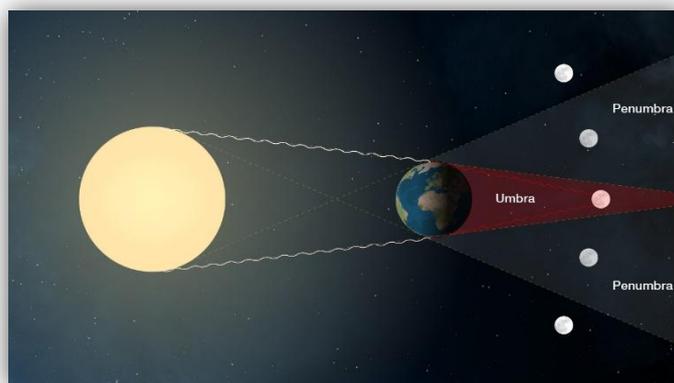
Figura 0.12 – Eclipse solar.



Fonte: [http://amandabauer.blogspot.com.br/2012\\_05\\_01\\_archive.html](http://amandabauer.blogspot.com.br/2012_05_01_archive.html) [50].

Pode ocorrer também o eclipse da Lua, figura 4.13. Esse fenômeno ocorre quando nosso satélite natural passa pela região de sombra da Terra, determinada pelos raios solares que tangenciam a superfície terrestre. Um observador que esteja em qualquer ponto dessa região não vê a Lua. Isso acontece por duas razões: primeiro, porque ela não é uma fonte luminosa e, segundo, porque a luz solar não a atinge.

Figura 0.13 – Eclipse lunar.



Fonte <http://www.space.com/25453-total-lunar-eclipse-april-15-visibility-maps-gallery.html> [51].

#### 4.4. GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS ÓPTICOS

Em Física, define-se um sistema óptico como sendo qualquer superfície (ou um conjunto delas) que interage diretamente com a luz.

Há dois tipos principais de sistemas ópticos: os refletores e os refratores. No grupo dos sistemas ópticos refletores têm os espelhos, que são superfícies polidas de um corpo opaco, com alto poder de reflexão.

No grupo dos sistemas ópticos refratores, por sua vez, encontram-se os diopros, que são constituídos de dois meios transparentes separados por uma superfície regular. Associações convenientes de diopros dão origem a utensílios ópticos de grande importância prática, como lentes e prismas como mostra a figura 4.14 [46].

Figura 0.14 – Lente e Prisma.



Fonte <http://federopticos-optilent.es/servicio> [52].

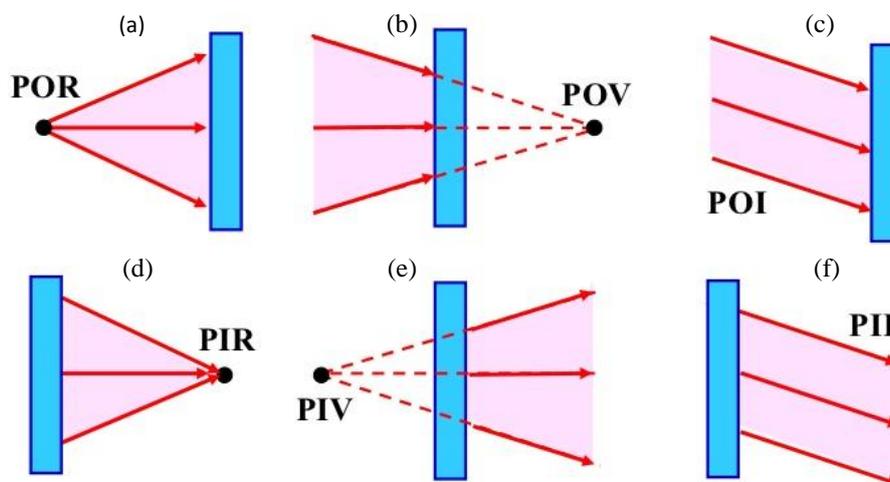
#### 4.4.1 Ponto Objeto e Ponto Imagem

Ponto Objeto (PO) é um ponto determinado pelo cruzamento dos raios que incidem no sistema óptico considerado. Já o Ponto Imagem (PI) é definido como sendo a interseção dos raios de luz emergentes do sistema óptico [53]. A figura 4.15 mostra exemplos de PO (itens a-c) e PI (itens d-f).

Tanto o ponto objeto como a imagem pode ser determinado pelo cruzamento dos próprios raios. Portanto, diz-se se tratar de imagens reais ou virtuais, pelo fato de serem formadas pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios. Quando os raios incidentes são paralelos, o ponto é impróprio, ou seja, não ocorre formação de imagem real e nem virtual. Sendo assim, conclui-se que objetos e imagens extensos são uma junção de pontos objeto e pontos imagem [53].

Na figura 4.15 há uma representação de um sistema óptico (S) representado pela barra azul, que pode ser uma lente, espelho, lanterna etc.

Figura 0.15 – Representação de ponto objeto e ponto imagem.



Fonte: <http://pt.slideshare.net/frenaspa/slides-de-ptica-geomtrica> [54].

O item (a) da figura 4.15 mostra um Ponto Objeto Real (POR) que é o vértice de um pincel incidente divergente, sendo formado pelo cruzamento efetivo dos raios de luz.

O item (b) é um Ponto Objeto Virtual (POV) que é o vértice de um pincel incidente convergente, sendo formado pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios de luz. Já no item (c), é mostrado um Ponto Objeto Impróprio (POI) que é o vértice de um pincel incidente cilíndrico, estando situado no infinito.

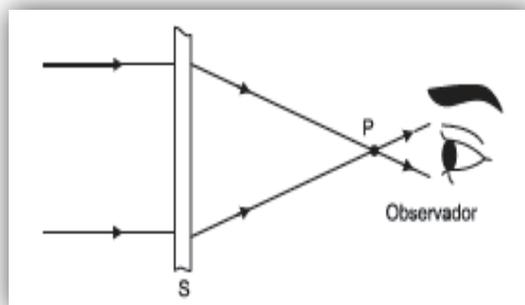
Os itens (d), (e) e (f) mostram exemplos de Ponto Imagem (PI). O item (d) da temos um Ponto Imagem Real (PIR) definido como sendo o vértice de um pincel emergente convergente, sendo formado pelo cruzamento efetivo dos raios de luz. O item (e) um Ponto Imagem Virtual (PIV) que é o vértice de um pincel emergente divergente, sendo formado pelo cruzamento dos prolongamentos dos raios de luz e o item (f) é um Ponto Imagem Impróprio (PII) que é o vértice de um pincel emergente cilíndrico, estando situado no infinito.

As imagens reais podem ser projetadas em anteparos, como telões ou paredes. Isso ocorre pelo fato dos pontos de imagens reais constituírem vértices efetivos de feixes luminosos emergentes do sistema óptico.

Depois de incidir no anteparo, a luz que determina a imagem real é difundida para o ambiente, permitindo a observação coletiva, isto é, a visão da figura projetada por vários observadores simultaneamente. No cinema, por exemplo, a imagem projetada na tela é real. Convém salientar, entretanto, que uma imagem real também pode ser

visualizada diretamente, isto é, sem estar projetada em anteparos. Para isso, basta que o observador posicione o seu globo ocular de modo a ser atingido pela luz, conforme mostra a figura 4.16.

Figura 0.16 – Imagem projetada no olho do observador.

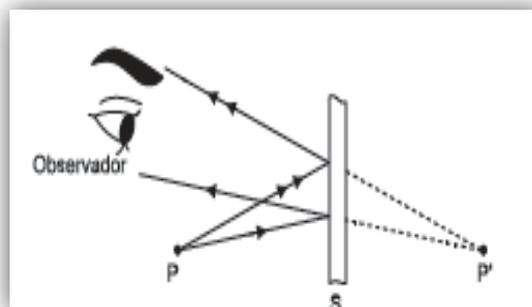


Fonte: Produto Educacional [46].

As imagens virtuais não podem ser projetadas em anteparos. Isso ocorre porque não há luz na região em que se forma uma imagem virtual.

Observe que, embora não possa ser projetada em anteparos, uma imagem virtual pode ser vista por um observador, comportando-se em relação ao seu globo ocular como um objeto real, como mostra a figura 4.17.

Figura 0.17 – Imagem virtual.



Fonte: Produto Educacional [46].

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os alunos do 9º ano da escola de ensino privado foram convidados no 2º bimestre do corrente ano letivo a utilizarem o material interativo de física, produto educacional do mestrado, criado pelo professor/autor, onde no primeiro momento foi explicado que o livro interativo abordava o mesmo assunto do material impresso, portanto não iria acarretar prejuízos a quem não desejasse utilizá-lo.

Os alunos que utilizaram o livro interativo precisaram seguir alguns passos, e o primeiro foi fazer o *download* do aplicativo *ezPDF Clear* na plataforma *android*, já que o *tablet* que a escola adota utiliza esse sistema operacional. Aos que não possuíam o material adotado pela escola e tiveram interesse de participar puderam utilizar a plataforma *iOS* no seu *iPad* ou *iPhone*, porém foi informado que nesta plataforma o aplicativo para utilização do livro interativo com todos seus recursos tinha um custo para utilização, embora o livro interativo possa ser visualizado como um simples PDF em aplicativos gratuitos como o Adobe Acrobat.

Após os alunos terem instalado o aplicativo *ezPDF clear* em seus respectivos dispositivos eletrônicos, o professor disponibilizou o *link* <http://goo.gl/Ermlw9> para que os mesmos pudessem fazer o *download* do arquivo (produto educacional) e utilizá-lo como uma alternativa ao seu material impresso. É importante ressaltar que em nenhum momento foi imposto ao aluno utilizar o material interativo.

Durante as aulas ministradas havia na sala tanto alunos que utilizavam o material impresso, quanto o material interativo, mostrando que embora o material interativo tenha uma proposta diferente, o material impresso ainda é utilizado por muitos estudantes e, portanto neste primeiro momento não pode ser ignorado.

Durante as aulas os alunos se mostraram motivados pelos vídeos, já que estes modelam os fenômenos estudados. Um exemplo são os vídeos explicando como ocorre o fenômeno da aurora boreal e eclipses. Os que acompanhavam a aula no livro interativo pôde visualizar a simulação de um eclipse lunar, ao contrário dos que usavam o livro impresso que só mostrava a imagem estática do fenômeno. Outra ferramenta do aplicativo são os exercícios interativos no final de cada assunto, onde os alunos respondiam as questões e ao finalizar podiam avaliar seu desempenho já que o aplicativo mostra o número de acertos. Durante esses momentos, era comum que alguns alunos que não tinham o material proposto se aproximassem de alguém que estava utilizando e assim acabavam participando.

Após o período de utilização do livro interativo, durante todo um bimestre, os alunos foram convidados a responder um questionário que abordava várias questões sobre o uso do livro interativo. Esse questionário foi disponibilizado para os alunos através do *link* <http://goo.gl/fXS9Q1>, e eles podiam responder em qualquer ambiente que desejasse, bastava ter acesso à internet. A figura 5.1 mostra a página inicial do questionário que os alunos acessavam através do *link* citado.

Figura 0.1 – Página do questionário na internet.



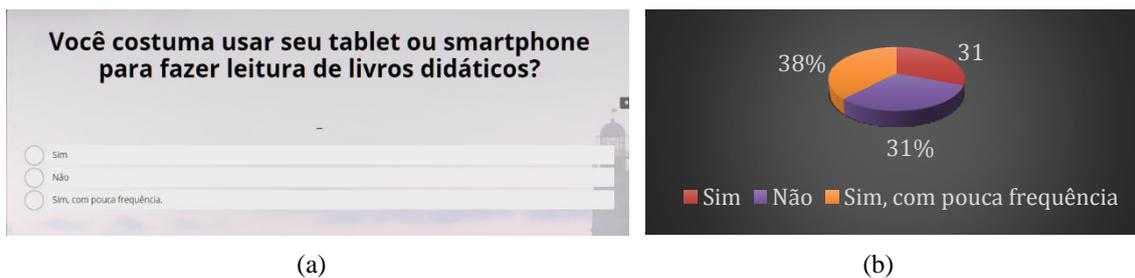
Fonte: <http://goo.gl/fXS9Q1> [54].

Durante uma semana os alunos puderam espontaneamente responder ao questionário. A partir das respostas obtidas foi possível analisar a eficiência do uso do livro interativo nas aulas de física.

No questionário, os alunos tinham que responder 9 (nove) questões. A maioria só permitia passar para a próxima pergunta caso a anterior fosse respondida. Dos 47 alunos que utilizaram o livro interativo, 29 participaram do questionário.

Na primeira questão os alunos foram interpelados se costumam usar o *tablet* ou *smartphone* para fazer leitura de livros didáticos, como mostra a figura 5.2.

Figura 0.2 – (a) Questão 1 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.



Fonte: <http://goo.gl/fXS9Ql> [54].

A resposta foi bem equilibrada, dos 29 alunos que participaram da pesquisa, 31% disseram que costumavam usar dispositivo eletrônico para fazer leitura de livros didáticos. A mesma porcentagem, 31%, disseram que não costumava usar dispositivos eletrônicos em suas leituras, e 38% que utilizavam, mas com pouca frequência. Se somarmos os que costumam usar com os que usam mais com pouca frequência, observamos que a maioria, cerca de 70% dos alunos, usam seus *tablets* ou *smartphone* para fazer leitura de livros didáticos em algum momento. Esse resultado mostra que a adesão aos novos recursos em sala de aula se encontra em processo, pois enquanto uma parte acredita que uma alternativa para melhorar o aprendizado é através do uso das novas tecnologias, há ainda alguns alunos que preferem continuar usando o material impresso.

Na questão 2 os alunos foram indagados se os professores costumam utilizar recursos digitais como *tablets* e lousas digitais disponibilizados pela escola (figura 5.3(a)).

Figura 0.3 – (a) Questão 2 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.



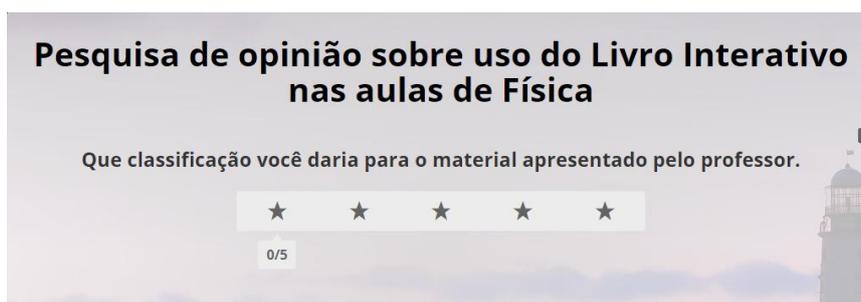
Fonte: <http://goo.gl/fXS9Ql> [54].

O gráfico da figura 5.3(b) mostra que 83% responderam que sim, que os professores da instituição usam os dispositivos digitais como alternativas para o ensino-aprendizagem. Enquanto 17%, disseram que utilizavam, porém com pouca frequência. O que chamou atenção nesta pergunta foi não haver nenhuma resposta para o “não”, ou

seja, nesta instituição os professores estão procurando acompanhar a evolução tecnológica na sala de aula, utilizando recursos digitais que facilitam a aprendizagem do aluno.

Na Questão 3 os alunos puderam classificar o livro digital, produto educacional do mestrado, como observado na figura 5.4. Os mesmos podiam dar notas entre 1 a 5, sendo: 1-péssimo, 2-ruim, 3-bom, 4-ótimo, 5-excelente.

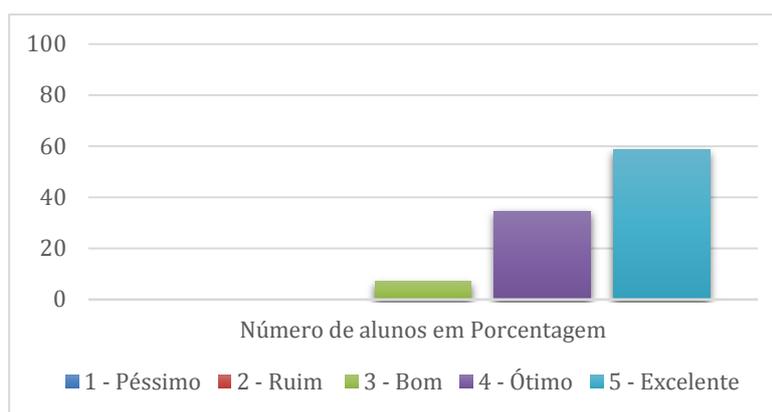
Figura 0.4 – Questão 3 do questionário.



Fonte: <http://goo.gl/fXS9QI> [54].

O gráfico 5.1 mostra o as respostas dadas pelos os alunos. O eixo y do gráfico exhibe a porcentagem de alunos que classificaram o livro interativo de péssimo a excelente, variando de 0 a 100%.

Gráfico 0.1 – Panorama das respostas.



Pelo gráfico 5.1 notamos que aproximadamente 60% dos alunos avaliaram o material com nota máxima, ou seja avaliaram o material como sendo excelente. Cerca de 35% classificou-o como ótimo e apenas 7% dos alunos classificou como bom. Nenhum aluno deu notas 1 ou 2 ao material, ou seja, nenhum aluno achou o material péssimo ou ruim. Uma avaliação relativamente boa para um dispositivo teste.

Na questão 4 os alunos responderam se consideravam que o livro interativo estimularia a aprendizagem em Física, como mostra a figura 5.5(a).

Figura 0.5 – (a) Questão 4 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.

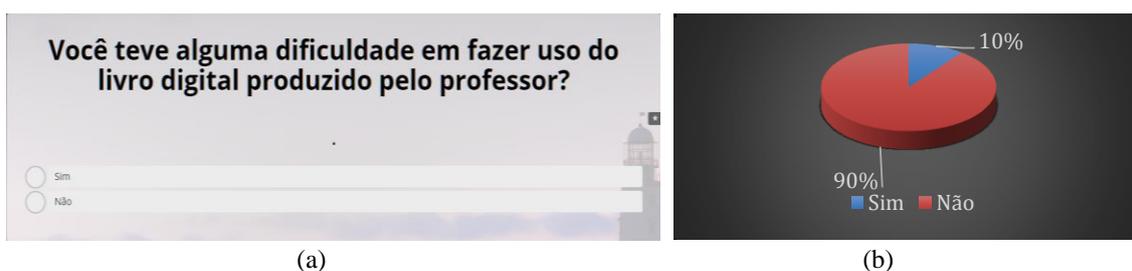


Fonte: <http://goo.gl/fXS9QI> [54].

O gráfico da figura 5.5.(b) mostra que 78% dos alunos responderam que o livro interativo estimularia seu estudo, enquanto 18% disse que não, não fazia diferença nos seus estudos, já para 4% dos alunos, o uso do livro interativo não contribuía para sua aprendizagem. Por esses números, é possível perceber que a maioria aprovou o material didático sugerido pelo professor, e que os recursos digitais tiveram um diferencial no momento de seus estudos.

Os alunos foram interpelados na questão 5 se tiveram alguma dificuldade em fazer uso do livro interativo (figura 5.6.(a)).

Figura 0.6 – (a) Questão 5 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.



Fonte: <http://goo.gl/fXS9QI> [54].

Os resultados (fig. 5.6.b) mostram que 90% dos alunos não tiveram nenhuma dificuldade com o material e apenas 10% relatou que o material apresentou algum tipo de dificuldade durante o uso. Isso prova que o livro interativo é intuitivo e de fácil utilização.

Na questão 6, foi pedido aos alunos que de acordo com sua resposta na questão anterior, citassem dificuldades encontradas, ou vantagens que facilitaram o manuseio do material (figura 5.7).

Figura 0.7 – Questão 6 do questionário.

**Pesquisa de opinião sobre uso do Livro Interativo nas aulas de Física**

Caso tenha respondido que Sim no item anterior, salienta que tipo de dificuldade.  
Caso tenha respondido que Não, diga por que:

Fonte: <http://goo.gl/fXS9QI> [54].

No espaço disponível da questão foram obtidos alguns depoimentos mostrados abaixo. Como essa questão tinha a opção de ser ou não respondida, alguns alunos não opinaram. Abaixo segue algumas respostas. Para não expor o aluno, os mesmos foram nomeados por letras.

- A. *“Porque é fácil usar o aplicativo e o professor também dá todas as instruções.”*
- B. *“Pois é fácil de utilizar, além de ser interessante e interativo.”*
- C. *“Pois acho o livro interativo é uma ótima forma de aprendizagem.”*
- D. *“Porque com objetos físicos é mais fácil à aprendizagem.”*
- E. *“Pois não houve nenhum tipo de dificuldade.”*
- F. *“Achei muito simples e prático é muito bem utilizado.”*
- G. *“Por que eu compreendo o que é para fazer.”*
- H. *“Porque é um método de ensino fácil de ser aplicado.”*
- I. *“Porque é muito fácil de utilizar.”*
- J. *“Não consigo abrir o livro.”*

Na questão 7 os alunos foram questionados se o livro digital despertou um interesse maior do que o livro impresso, como mostra a figura 5.8(a).

Figura 0.8 – (a) Questão 7 do questionário, (b) Gráfico com os resultados.



Fonte: <http://goo.gl/fXS9QI> [54].

Aproximadamente 70% dos alunos responderam que o livro interativo é mais conveniente que o livro impresso, mostrando que o material didático utilizado despertou interesse devido os recursos apresentados, tais como: vídeos de fenômenos, animações e questões interativas, tornando o livro mais atrativo. A figura 5.8(b) mostra que cerca de 30% destes alunos acreditam que o livro interativo não é mais interessante que o livro impresso.

Na questão 8 foi pedido aos alunos que marcassem dentre algumas características pré-determinadas quais se adequavam ao material criado pelo professor/autor, como é possível observar na figura 5.9

Figura 0.9 – Questão 8 do questionário.

**Pesquisa de opinião sobre uso do Livro Interativo nas aulas de Física**

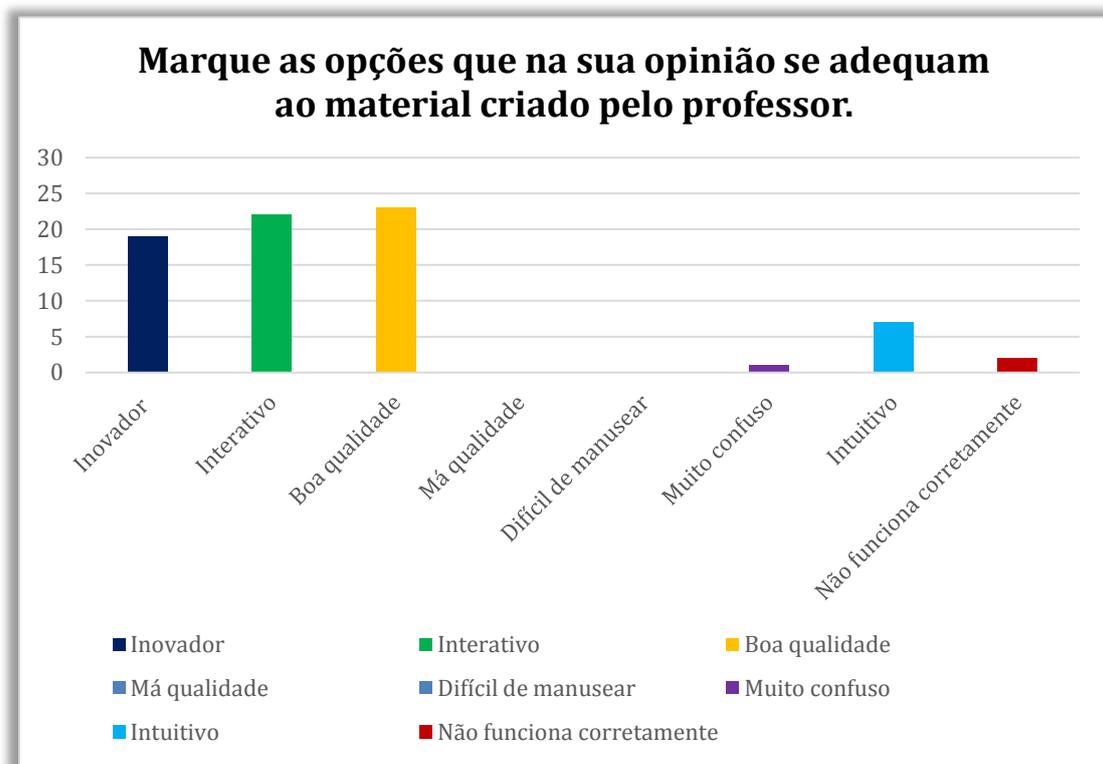
Marque as opções que na sua opinião de adequam ao material criado pelo professor

- Inovador
- Interativo
- Boa qualidade
- Má qualidade
- Difícil de manusear
- Muito confuso
- Intuitivo
- Não funciona corretamente
- Outra

Fonte: <http://goo.gl/fXS9QI> [54].

A partir das respostas dadas foi possível fazer uma análise. O gráfico 5.2 mostra a quantidade de alunos que classificaram o material (eixo-y) versus as qualidades positivas e negativas, dadas ao material.

Gráfico 0.2 – Resposta da questão n. 08 do questionário aplicado com alunos.



Nessa questão os alunos podiam marcar mais de um item, de maneira que pudessem enumerar várias características ao material. Dos 29 alunos que responderam o questionário, cerca de 20 alunos (67,9% ) acharam o material inovador; 22 alunos (78,6%) acharam o material interativo, ou seja, o produto educacional conseguiu atingir as expectativas. No entanto a satisfação se deu na qualidade do material, pois 24 alunos (82,1%) disseram que o livro é de boa qualidade. Apenas 7 alunos (25%) disseram que o material é intuitivo e somente um único aluno achou o material confuso. No espaço disponibilizado para que o aluno colocasse sua opinião, dois alunos indicaram que o material não funcionava, provavelmente por um problema técnico em seu dispositivo, no entanto o número é muito pequeno tendo em vista a quantidade de alunos que obtiveram sucesso no manuseio durante a aula.

Ao final do questionário foi solicitado que aqueles que assim desejassem, sugerissem novas funcionalidades ou melhoramentos no livro digital, como é possível observar na figura 5.10.

Figura 0.10 – Questão 9 do questionário.

**Pesquisa de opinião sobre uso do Livro Interativo nas aulas de Física**

Teria alguma sugestão a fazer para uma melhor ou maior funcionalidade do livro digital? Se sim, qual?

Fonte: <http://goo.gl/fXS9Ql> [54].

Obtivemos algumas respostas que podem ser observadas abaixo:

- A. *“Não tenho nenhuma sugestão, pois a aula já é muito boa”*
- B. *“Não, Está ótimo e ensina melhor que outros livros”*
- C. *“Acho que deveria ter mais atividades interativas”*
- D. *“Do jeito que está, já está bom”*
- E. *“Já acho muito bom do jeito que está”*
- F. *“Ser mais utilizado”*

Após responderem o questionário, os alunos voltaram a utilizar seus *tablets* para participar de outra atividade dinamizada em sala de aula. Usando o *software* Socrative aplicamos uma nova atividade, um exercício, com o objetivo de mensurar o aprendizado através do livro interativo proposto.

Inicialmente foi elaborada pelo professor/autor uma atividade sobre o assunto abordado, a Óptica Geométrica, na plataforma Socrative. Essa atividade eram questões de múltiplas escolhas limitadas a cinco alternativas.

No final de cada aula, após exposição do conteúdo, o questionário era enviado para os dispositivos móveis dos alunos. Os alunos tinham um tempo para responder e em seguida enviavam suas respostas via internet para a plataforma do professor. Que por sua vez tinha em mãos os relatórios individuais e coletivos dos alunos podendo evidenciar os pontos em que os alunos apresentavam maiores dificuldades e conseqüentemente saná-las.

Para medir o desenvolvimento de um grupo de alunos específicos, foi feito a análise do índice de porcentagem de eficiência ( $E_T$ ). O valor de  $E_T$  é dado pela razão das somas das notas dos alunos efetivos do grupo específico, pela quantidade máxima de pontos que poderão ser obtidos por este grupo, ou seja,

$$E_T = \frac{10 \sum_i N_i}{Q_{ef}} \quad (1)$$

onde  $N_i$  é a nota do  $i$ -ésimo aluno efetivo, desta forma  $0 \leq N_i \leq 10$ , o valor  $Q_{ef}$  é a quantidade de alunos efetivos existentes no grupo, dentro do período de análise deste trabalho; Os estudantes efetivos são considerados àqueles que participaram das duas avaliações no primeiro semestre de 2015. A turma se torna mais eficiente, em termos de valores avaliativos, quando  $E_T$  se aproxima do valor máximo 100%.

Para avaliar a influência do livro interativo no processo de ensino-aprendizagem, foram colhidos os resultados das avaliações dos dois bimestres iniciais do ano de 2015, dos alunos de três turmas do 9º ano.

A quantidade de alunos efetivos ( $Q_{ef}$ ), as somas das notas das avaliações nos dois bimestres iniciais de 2015 ( $\sum_i N_i$ ), e o índice de porcentagem de eficiência ( $E_T$ ), calculado pela equação 1, são apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Dados das turmas avaliadas nos dois bimestres iniciais de 2015.

	$Q_{ef}$	1º bimestre		2º bimestre	
		$\sum_i N_i$	$E_T$ (%)	$\sum_i N_i$	$E_T$ (%)
TURMA 01	36	246,8	68,55	284,0	78,89
TURMA 02	38	270,6	71,21	285,9	75,24
TURMA 03	32	205,9	64,34	243,8	76,19

Os valores da Tabela 5.1 indicam que todas as turmas analisadas aumentaram sua eficiência no bimestre de uso do livro interativo. As turmas 01 e 03 obtiveram aumento no valor de  $E_T$  de mais de 10 % em relação ao primeiro bimestre. Isso significa que o aprendizado foi melhorado consideravelmente neste período de uso do livro interativo. A turma 02, inicialmente no primeiro bimestre o grupo com melhor

aproveitamento entre as turmas estudadas, melhorou seu índice  $E_T$  em aproximadamente 4%.

Considerando a média de aprovação de 7,0 (sete), para uma análise mais aprofundada do índice de porcentagem de eficiência, realiza-se a divisão da turma estudada em dois grupos em relação às notas do primeiro bimestre: o grupo E, composta por alunos que obtiveram nota igual ou superior a 7,0 (sete), e o grupo N, com nota abaixo da média de aprovação. O objetivo é identificar se o uso do livro interativo atinge diretamente qual grupo de estudantes. A tabela 5.2 apresenta as medidas das eficiências de cada grupo por turma, nesta tabela é inserida o parâmetro  $Q_{ef1B}$ , que é a quantidade de alunos efetivos do primeiro bimestre, e os valores de  $E_T$  são calculados baseados neste parâmetro.

Tabela 5.2 – Análise da eficiência dos grupos específicos dentro das turmas

Especificações		$Q_{ef1B}$	1° bimestre		2° bimestre	
			$\sum_i N_i$	$E_T$ (%)	$\sum_i N_i$	$E_T$ (%)
TURMA 01	Grupo E	20	166,9	83,45	171,8	85,90
	Grupo N	16	79,9	49,94	112,2	70,13
TURMA 02	Grupo E	23	185,6	80,69	174,2	75,74
	Grupo N	15	75,0	50,00	102,9	68,60
TURMA 03	Grupo E	14	122,2	87,28	123,0	87,86
	Grupo N	18	83,7	46,50	102,8	57,11

Como visto na tabela 5.2, a turma 3 é a única com quantidade de alunos efetivos maior no grupo N, ou seja, mais da metade da turma obtiveram notas abaixo do índice de aprovação no primeiro bimestre. Todos os grupos N tiveram rendimentos menores ou iguais a 50 % no primeiro bimestre, isso significa que 49 estudantes dos 107 efetivos, estariam com desempenho ruim, que é um valor preocupante para estes grupos de alunos que buscam aprovação, o que justificaria uma mudança de metodologia de ensino por parte do professor. Por outro lado, todos os grupos E apresentaram rendimento acima de 80 %, que são valores consideráveis como uma boa média.

Ainda observando a tabela 5.2, é possível notar aumento em todos os grupos N das três turmas no segundo bimestre, o que aponta o uso do livro interativo como agente modificador para aumento do entendimento com base na interatividade destes alunos.

De maneira dinâmica, ao responder o *quiz*, estes tendem a conversar mais sobre o assunto, tirar dúvidas, alguns se tornam desinibidos e menos despretensiosos ao falar, o que permite ao estudante aprofundar-se no assunto abordado. Apesar da diminuição do grupo E da turma 02, mesmo ainda estando acima do valor de corte, os grupos E das turmas 01 e 03, obtiveram um leve aumento nos valores de  $E_T$ , o que mostra que o aluno com maior habilidade de aprendizagem e com bom rendimento não se sente desmotivado, ou desencorajado pela mudança de metodologia. Vale ressaltar que, para o caso de grupos E com muitos alunos, o valor de  $E_T$  pode oscilar, porém estes discentes ainda têm rendimentos superiores à nota de corte.

Com o aumento das notas no segundo bimestre de 2015, alguns alunos saíram do grupo N e entraram no grupo E, assim é necessário atualizar a quantidade de alunos efetivos em cada grupo e reanalisar os valores de  $E_T$ . Com o aumento destes valores é possível notar melhor desenvolvimento na turma e, possivelmente uma melhoria no processo ensino-aprendizagem. A tabela 5.3 mostra os novos quantitativos no segundo bimestre de 2015 para os grupos E e N, com seus respectivos índices de porcentagem de efetividade.

Tabela 5.3 – Quantidade de alunos efetivos no segundo bimestre e seus índices de eficiência.

Especificações		$Q_{ef2B}$	2º bimestre	
			$\sum_i N_i$	$E_T$ (%)
TURMA 01	Grupo E	29	232,8	80,27
	Grupo N	7	41,2	58,86
TURMA 02	Grupo E	28	216,2	77,21
	Grupo N	10	59,7	59,70
TURMA 03	Grupo E	25	205,6	73,43
	Grupo N	7	38,2	54,57

Os valores de  $E_T$  para os grupos N, apresentados na tabela 5.3, estão acima de 54%, com 24 alunos participantes no total. Fazendo um comparativo entre as tabelas 5.2 e 5.3, a quantidade de discentes com eficiência abaixo de 70 % reduziu à metade, estes grupos N tiveram um aumento nas eficiências, com valores entre 54,57 e 59,70 %, acima do valor do grupo N do primeiro bimestre de 2015 que foi abaixo de 50 %. Com

um feedback sobre a percepção dos alunos através do Socrative, o nível de compreensão está aumentando, com possibilidades reais de estes alunos aumentarem suas notas e conseguirem a aprovação em física nesta nova metodologia de ensino.

Todos os grupos E aumentaram a quantidade de seus integrantes. O grupo E da turma 1, foi o único grupo a manter o bom desempenho, com índice acima de 80 %. Mesmo assim, ao comparar os valores dos índices de eficiência do primeiro bimestre da tabela 5.2 com o segundo bimestre da tabela 5.3, há uma diminuição do quantitativo de  $E_T$  neste grupo, isso pode ser justificado pelos novos participantes, estes estão em processo de aprendizagem continuada e progressiva e, seguindo esta proposta de metodologia, é possível que haja maior contribuição nas próximas avaliações.

Após o período de utilização do livro interativo, que correspondeu o segundo bimestre de 2015, os alunos voltaram a ter aula unicamente com o material impresso, pois como já foi mencionado, a instituição permitiu a sua utilização por um tempo limitado apenas como um projeto piloto. Passado o período de utilização do material didático, os alunos constantemente indagavam ao professor se o próximo capítulo estaria disponível na versão digital, pois este se mostrava mais efetivo na aprendizagem, e sempre que havia uma atividade a ser feita, estes perguntavam se poderia ser feito no *tablet*, mostrando que a cultura digital em sala de aula já se torna promissora, alcançando assim a proposta do professor-autor.

Todo o processo de utilização do livro interativo foi acompanhando pela direção da escola e os dados aqui obtidos foram levados à direção e esta ao analisá-lo, acredita que exista uma grande possibilidade da utilização do livro interativo completo para o ano letivo de 2016.

## 6. CONCLUSÕES

A inserção das tecnologias na educação formal constitui um fato na sociedade. Várias escolas de ensino básico (ensino fundamental e médio) vêm se integrando às inovações tecnológicas, aplicando novas metodologias que aliam à informatização dos conhecimentos a aplicação de técnicas e estratégias que visam entre outros pontos à conquista da aprendizagem significativa.

No desenvolver do presente trabalho, foi visto que a aprendizagem significativa abordada pelo teórico Ausubel se efetiva na junção dos conhecimentos prévios que o aluno traz do seu mundo para sala de aula, com os métodos e propostas da educação formal. Neste processo de conquista dos conhecimentos a interação entre professores, alunos e os diferentes conhecimentos tomam uma dimensão significativa, uma vez que segundo Vygotsky permite o desenvolvimento da aprendizagem. Essas teorias são usadas na compreensão da interação *aluno-livro didático (livro interativos)* e suas contribuições no ensino-aprendizagem.

O livro interativo foi utilizado nas aulas de física no segundo bimestre de 2015 com alunos do 9º ano, com objetivo de tornar-se uma opção de material didático para alunos nos próximos anos. Toda a experiência obtida foi supervisionada pela direção da escola, com a finalidade de analisar o comportamento dos alunos e os impactos que este poderia causar no ambiente de estudo. A escola onde esse material foi aplicado procura sempre se antecipar às novas propostas educacionais. Portanto, o livro interativo é visto como uma ferramenta que pode auxiliar de forma significativa no processo de aprendizagem dos alunos.

É importante ressaltar que o livro interativo não é lançado como uma proposta de substituir o livro impresso, pois este ainda tem sua relevância no ambiente educacional, mas sim como uma proposta diferenciada de material didático. Uma alternativa para o ensino-aprendizagem.

Através da aplicação do questionário *on-line* foi possível observar que grande parte dos alunos acredita que o uso das TIC (*lousas* digitais, aplicativos, *tablets*) na educação é positivo e oferece vantagens. Os alunos que utilizaram o livro interativo gostaram desse novo método de aprendizagem e o reflexo desse êxito repercutiu nas avaliações bimestrais, pois o resultado mostrou uma melhora qualitativa na compreensão do assunto, aumentando quase em 80 % o número de notas acima da

média em relação ao bimestre anterior. A saber, a média para aprovação é de 7,0 (sete) pontos.

Os alunos relataram que as aulas se tornaram mais dinâmicas, o que ocasionou maior participação dos mesmos. Acredita-se que isso aconteceu pelo uso das ferramentas oferecidas no livro interativo. A utilização de *hyperlinks* embutidos no material para um estudo mais detalhado, facilitando sua compreensão. O uso das questões interativas que motivaram os alunos a terem uma maior participação nas aulas, muitas vezes ocasionando até disputas entre eles. A exposição de alguns fenômenos em vídeos, que deixou o conteúdo mais didático. Um exemplo é o vídeo que simula o eclipse solar, que mostra para o aluno o fato de não ocorrer eclipses rotineiramente, pergunta que esses sempre fazem quando estão estudando o assunto na forma tradicional. Portanto, a aprendizagem é levada para um lado mais lúdico

Durante as aulas alguns alunos que não dispunham do livro interativo pediram para acompanhar a aula junto aos colegas que o tinha. Portanto, mesmo aqueles que não portavam o material didático, de certa forma acabaram interagindo com o material e o professor. Uma negativa foi o número de alunos que aderiram ao produto proposto, em torno de 50%. Isso aconteceu devido ao atraso no repasse dos *tablets* para a escola e conseqüentemente para os alunos. Esse fato fez com que muitos alunos não dispusessem do material eletrônico e, portanto não puderam participar efetivamente do experimento.

Baseado nos resultados positivos apresentados à direção da escola estuda-se uma forma de estender essa interatividade nos livros didáticos para todas as disciplinas nos próximos anos.

## APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL

Abaixo é possível visualizar algumas páginas do livro interativo, produto educacional do mestrado, que os alunos tiveram acesso, com as respectivas legendas informando os recursos encontrados na página.

Figura A.1 - Página 1 do livro digital embutida com um vídeo.



# Conceitos Básicos da Óptica



## A LUZ



Figura 1: Universo

A luz é uma forma de energia radiante que sensibiliza nossos olhos. Ela se propaga nos meios materiais e também no vácuo. A luz que recebemos do Sol percorre 150.000.000 km a uma velocidade de 300.000 km/s. Assim, a luz emitida pelo Sol, nesse exato momento em que você está lendo esta folha, só vai chegar à Terra daqui a cerca de 8 min.

Em relação às distâncias percorridas pela luz das outras estrelas até a Terra, verificamos que elas são representadas por números extremamente grandes.

Por exemplo, a luz emitida pela Estrela Alfa da Constelação de Centauro – a segunda estrela mais próxima da Terra – demora cerca de 4,3 anos para chegar até nós. Por causa desses números extensos, é muito comum medirmos essas enormes distâncias com a unidade ano-luz, que é a distância percorrida pela luz no vácuo em 1 ano.



Filme 1: Aurora Boreal

Como 1 ano =  $3,15 \cdot 10^7$  s e a velocidade da luz, no vácuo, é 300.000 km/s ( $3 \cdot 10^5$  km/s), temos: 1 ano-luz =  $(3 \cdot 10^5 \text{ km/s}) \cdot (3,15 \cdot 10^7 \text{ s}) = 9,45 \cdot 10^{12} \text{ km}^2 \text{ à } 10^{16} \text{ m}$

Fonte: Produto Educacional [46]

Figura A.2 - Página 7 do livro digital com hiperlink no nome do Pesquisador.

## Capítulo 5

---



O físico e matemático francês, **Pierre de Fermat** (1601- 1665), elaborou um princípio por meio do qual se conseguem sintetizar vários princípios e leis da Óptica Geométrica, entre eles os três princípios anteriores. É um princípio “econômico” e elegante, mas nem sempre usado didaticamente, pois a sua aceitação não é tão natural quanto a dos outros. Diz o princípio de Fermat: o percurso efetuado pela luz para se deslocar entre dois pontos é tal que o tempo gasto nesse deslocamento é mínimo.

Como em um meio homogêneo e transparente a velocidade da luz é a mesma em todos os pontos do meio, o menor tempo para se deslocar entre dois pontos se obtém no menor percurso que liga esses dois pontos. Ora, a menor distância entre dois pontos é a medida do segmento de reta que os une e, portanto, esse é o percurso “escolhido” pela luz. Além disso, como o princípio de Fermat não faz restrição alguma com relação ao sentido de propagação, o percurso de tempo mínimo entre dois pontos, A e B, é o mesmo, tanto quando a luz vai de A para B, como em sentido contrário. Dessa forma, o princípio da propagação retilínea e o princípio da reversibilidade dos raios luminosos também resultam como uma decorrência do princípio de Fermat.

Figura A.3 - Página 8 do livro digital com questões interativas.

## Capítulo 5

### Exercícios de Fixação

01. Imagine-se na janela de um apartamento situado no 10º andar de um edifício. No solo, um carpinteiro bate um prego numa tábua. Primeiro você enxerga a martelada, para depois de certo intervalo de tempo escutar o ruído correspondente. A explicação mais plausível para o fato é:

- a) a emissão do sinal sonoro é atrasada em relação à emissão do sinal luminoso.
- b) o sinal sonoro percorre uma distância maior que o luminoso.
- c) o sinal sonoro propaga-se mais lentamente que o luminoso.
- d) o sinal sonoro é bloqueado pelas moléculas de ar, que dificultam sua propagação.
- e) o sentido da audição é mais precário que o da visão.

02. A velocidade de propagação das ondas luminosas:

- a) é infinitamente grande.
- b) é máxima no ar.
- c) é maior na água que no vácuo.
- d) vale 300.000 km/s no vidro.
- e) vale  $3,00 \cdot 10^{10}$  cm/s no vácuo.

03. São fontes luminosas primárias:

- a) lanterna acesa, espelho plano, vela apagada.
- b) olho-de-gato, Lua, palito de fósforo aceso.
- c) lâmpada acesa, arco voltaico, vaga-lume aceso.
- d) planeta Marte, ao aquecido ao rubro, parede de cor clara.
- e) tela de uma TV em funcionamento, Sol, lâmpada apagada.

04. Define-se um ano-luz como a distância percorrida por um sinal luminoso no vácuo durante um ano terrestre. Sabendo que, no vácuo, a luz viaja a uma velocidade de  $3,0 \cdot 10^8$  km/s, calcule, em metros, o comprimento equivalente a um ano-luz.

Figura A.4 - Página 8 do livro digital com questões interativas corrigidas.

Capítulo 5

## Exercícios de Fixação

01. Imagine-se na janela de um apartamento situado no 10º andar de um edifício. No solo, um carpinteiro bate um prego numa tábua. Primeiro você enxerga a martelada, para depois de certo intervalo de tempo escutar o ruído correspondente. A explicação mais plausível para o fato é:

- a) a emissão do sinal sonoro é atrasada em relação à emissão do sinal luminoso.
- b) o sinal sonoro percorre uma distância maior que o luminoso.
- c) o sinal sonoro propaga-se mais lentamente que o luminoso.
- d) o sinal sonoro é bloqueado pelas moléculas de ar, que dificultam sua propagação.
- e) o sentido da audição é mais precário que o da visão.

02. A velocidade de propagação das ondas luminosas:

- a) é infinitamente grande.
- b) é máxima no ar.
- c) é maior na água que no vácuo.
- d) vale 300.000 km/s no vidro.
- e) vale  $3,00 \cdot 10^{10}$  cm/s no vácuo.

03. São fontes luminosas primárias:

- a) lanterna acesa, espelho plano, vela apagada.
- b) olho-de-gato, Lua, palito de fósforo aceso.
- c) lâmpada acesa, arco voltaico, vaga-lume aceso.
- d) planeta Marte, ao aquecido ao rubro, parede de cor clara.
- e) tela de uma TV em funcionamento, Sol, lâmpada apagada.

04. Define-se um ano-luz como a distância percorrida por um sinal luminoso no vácuo durante um ano terrestre. Sabendo que, no vácuo, a luz viaja a uma velocidade de  $3,0 \cdot 10^8$  km/s, calcule, em metros, o comprimento equivalente a um ano-luz.

Figura A.5 - Página 9 do livro digital com botões de correção e limpar.

## Capítulo 5

05. Considere a seguinte citação, extraída de um livro de Física: “Quando contemplamos o céu numa noite de tempo bom, recebemos das estrelas um relato do passado”.

Utilizando argumentos científicos, comente o pensamento do autor



Figura 13: Bandeira do Brasil

06. A bandeira do Brasil esquematizada na Figura abaixo é confeccionada em tecidos puramente pigmentados:

Estando estendida sobre uma mesa no interior de um recinto absolutamente escuro, a bandeira é iluminada por luz monocromática. Determine de que cores serão vistas as regiões designadas por 1, 2, 3 e 4 no caso de:

a) a luz monocromática ser verde;

b) a luz monocromática ser vermelha.

Um jarro pintado de cor clara pode ser visto de qualquer posição do interior de uma sala devidamente iluminada. Isso ocorre porque:

a) o jarro refrata grande parte da luz que recebe.

b) o jarro difunde para os seus arredores grande parte da luz que recebe.

c) o jarro absorve a luz que recebe.

d) o jarro é um bom emissor de luz.

e) o jarro reflete toda a luz que recebe.

07. Um laboratório fotográfico usa luz monocromática vermelha para revelação e cópia de filmes. Um objeto que, sob luz branca, se apresenta na cor verde pura, dentro desse laboratório será visto na cor:

a) branca.

b) preta.

c) vermelha.

d) verde.

e) violeta.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Disponível em: <<http://www.applivrodigital.com.br/o-livro-tijolo-telinhas-de-led/>>. Acesso em junho 2015.
- [2] GABRIEL, M. *Educ@r: a (r)evolução digital na educação*. São Paulo: Saraiva, 2013.
- [3] Disponível em <<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-historico/>>. Acesso em agosto 2015
- [4] Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>>. Acesso em setembro de 2015
- [5] BENTO, M. C. M.; CAVALCANTE, R. S. *Tecnologias móveis na Educação: o uso do celular na sala de aula*. ECCOM, v. 4, nº7, jan/jun, (2013). Disponível em <<http://www.fatea.br/seer/index.php/eccom/article/viewFile/596/426>>. Acessado em agosto de 2014.
- [6] LOPES, J. Bernardino. *Aprender e Ensinar*. Física. 1ª Edição, 2004.
- [7] LOZADA, Cláudia de Oliveira et al. *A Modelagem Matemática aplicada ao Ensino de Física no Ensino Médio*. In: Revista Logos, n. 14, 2006. Disponível em: <<http://www.feucriopardo.edu.br/logos/artigos/2006b/ARTIGO1-pag2-ClaudiaLozada-logos-14-2006.pdf>>. Acessado em agosto de 2014
- [8] PORTAL EDUCAÇÃO. Disponível em <<http://www.portaleducacao.com.br/pedagogia/artigos/28353/entenda-os-livros-interativos#ixzz3lcZdJCjF>>. Acessado em agosto de 2015.
- [9] AUSUBEL, D. P. *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- [10] VIGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 7.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- [11] TRINDADE, Jorge. Promoção da interatividade em sala de aula com SOCRATIVE: estudo de caso. In: Revista Indagatio Didáctica, v. 6, n.1 (2014).

Disponível em: <<http://revistas.ua.pt/index.php/ID/article/view/2684/2540>>. Acessado em janeiro de 2015.

[12] *Socrative.com*. Disponível em: <<http://www.socrative.com>>. Acessado em maio de 2015.

[13] FERNANDÉZ, Alicia. *O saber em jogo: a psicopedagogia propiciando autorias de pensamento*. Porto Alegre, Editora Artmed, 2001.

[14] FONSECA, Vitor da. *Desenvolvimento psicomotor e aprendizagem*. Porto Alegre: Artmed, 2008

[15] BEAUCLAIR, João. *Ensinar é acreditar. Coleção Ensinantes do Presente*, volume I. Editora WAK, Rio de Janeiro, 2008.

[16] MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: A Teoria e Textos Complementares*. São Paulo: LF, 2011.

[17] AUSUBEL, D. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Asas, 1989.

[18] BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC/SEF, 1997.

[19] GAINES, Brian e SHAW, Mildred. *Collaboration through Concept Maps*. 1995. Disponível em <<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/articles/CSCL95CM/>>. Acessado em abril de 2015.

[20] TAVARES, Romero. *Ciências & Cognição 2007*; Vol 12: 72-85. Disponível em <<http://www.cienciasecognicao.org>>. Acessado em agosto de 2015.

[21] VYGOTSKY, L. S. *A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Martins Fontes Editora. São Paulo, 1984.

[22] MANACORDA, M. A. *História da Educação: da antiguidade aos nossos dias*. 4. ed. São Paulo: Cortez, 1995.

[23] VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

[24] OLIVEIRA, Marta Kohl de, Vygotsky. *Aprendizado e desenvolvimento: um processo Sócio-histórico*. São Paulo: editora Scipione, 1995.

- [25] VILLARDI, R. *Desarrollo de habilidades de lectura: los beneficios de la tecnología*. In: Anais da III Jornadas Multimedia educativo: Nuevas aprendizagens virtuales. V. único, p. 458 – 476. Barcelona: Res Telemática Multemedio, 2001.
- [26] REGO, T. C. *Vygotsky: uma perspectiva Histórico-Cultural da Educação*. Rio de Janeiro, Vozes, 2002.
- [27] Disponível em: <<http://www.mundodostablets.com.br/artigos/uso-de-tablets-aumento-rendimento-em-sala-de-aula/>> Acesso em junho 2015.
- [28] BEHAR, Patrícia. *Interação de crianças e adolescentes em Ambientes Virtuais: identificando fatores de acessibilidade e navegabilidade*. XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE'2002. Porto Alegre, nov. 2002.
- [29] JANSSEN, David. *O uso das tecnologias na educação a distância e a aprendizagem construtivista*. Em Aberto. Brasília: INEPMEC, v.16, n.70, abr/jun, 1996.
- [30] AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Tradução de Eva Nick et al. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interamericana, Tradução de: Educational Psychology. 1980.
- [31] FREIRE, P. *Educação e mudança*, 1981. In: GABRIEL, M. *Educ@r: a (r)evolução digital na educação*. São Paulo: Saraiva, 2013. p. 110.
- [32] GOULÃO, M. F; FOMBONA, J. *Digital Literacy and Adults Learners' Perception: The Case of a Second Chance to University*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, Barcelona, v. 46, p. 350-355, 2012.
- [33] CORRÊA, Vera. *Globalização e Neoliberalismo: o que isso tem a ver com você, professor?*, 2000. In: ALVES, Lynn; SANTOS, Edméa. *Práticas pedagógicas e tecnologias digitais*. Rio de Janeiro: E-papers, 2006. p.18.
- [34] ALVES, Lynn; SANTOS, Edméa. *Práticas pedagógicas e tecnologias digitais*. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.
- [35] Disponível em <[http://www.ted.com/talks/mike\\_matas?language=en#t-215418](http://www.ted.com/talks/mike_matas?language=en#t-215418)>. Acesso em agosto de 2015.
- [36] Disponível em <<http://www.applivrodigital.com.br/beneficios-dos-livros-digitais/>>. Acesso em junho de 2015.

- [37] Disponível em <<http://blog.maisestudo.com.br/voce-sabia-que-algumas-escolas-estao-fornecendo-tablets-para-os-alunos/>> Acesso em agosto de 2015
- [38] *Ezpdf clear*. Disponível em: <[http://m.unidocs.com/ezPDF\\_Test\\_Maker.html](http://m.unidocs.com/ezPDF_Test_Maker.html)>. Acesso em fevereiro de 2015.
- [39] WINIARCZYK, M. *Night of the Northern Lights*. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=fVsONlc3OUY>>. Acesso em junho de 2015.
- [41] HEWITT, Paul G. *Física Conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- [42] Disponível em <<http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico>>. Acesso em agosto de 2015.
- [43] RAMALHO JR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. *Os Fundamentos da Física*. 10. ed. São Paulo: Moderna, 2009.
- [44] Disponível em <[http://www.suapesquisa.com/geografia/aurora\\_boreal.htm](http://www.suapesquisa.com/geografia/aurora_boreal.htm)>. Acesso em maio de 2015.
- [45] Disponível em: <<http://freewebpoint.com/aurora-borealis-facts/>> Acesso em junho de 2015.
- [46] Paula, C.R. F. *Produto educacional – Conceitos básicos da óptica geométrica*. Fortaleza, 2015.
- [47] DOCA, Ricardo Selou; BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas. *Tópicos de Física*. vol. 2. 20. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- [48] Disponível em <<http://www.mundoeducacao.com/fisica/camara-escura-orificio.html>> Acesso em setembro de 2015.
- [49] Disponível em <<http://well31.comunidades.net/sombra-e-penumbra/>>. Acesso em maio de 2015.
- [50] Disponível em [http://amandabauer.blogspot.com.br/2012\\_05\\_01\\_archive.html](http://amandabauer.blogspot.com.br/2012_05_01_archive.html). Acesso em setembro de 2015.
- [51] Disponível em <<http://www.space.com/25453-total-lunar-eclipse-april-15-visibility-maps-gallery.html>> Acesso em setembro de 2015.
- [52] Disponível em <<http://federopticos-optilent.es/servicio>> Acesso em setembro 2015.

[53] Disponível em <<http://www.brasilecola.com/fisica/definido-um-sistema-optico.html>> Acesso em setembro de 2015.

[54] Disponível em <<http://goo.gl/fXS9Ql>>. Acesso em junho de 2015.