

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UEFS
universidade estadual de
feira de santana



OBJETO DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DO
EFEITO FOTOELÉTRICO NO ENSINO FUNDAMENTAL

ALEXANDRE DA SILVA SANTOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Feira de Santana no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof^o Dr. Juan Alberto Leyva Cruz (Orientador)
Prof^a Dra. Gabriela R.P. Rezende Pinto (Co-orientadora)

Feira de Santana, BA.
Agosto de 2016

OBJETO DE APRENDIZAGEM PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO
ENSINO FUNDAMENTAL

ALEXANDRE DA SILVA SANTOS

ProfºDr.Juan Alberto Leyva Cruz
Profª Dra. Gabriela Ribeiro Peixoto Rezende Pinto

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual de Feira de Santana no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Dra.Gabriela Ribeiro Peixoto Rezende Pinto (co-orientadora)

Dr.José Luís MichinelMachado (membro interno)

Dr. Milton Souza Ribeiro (membro interno)

Dr. Dielson Pereira Hohenfeld (membro externo)

Feira de Santana, BA.
Agosto de 2016

Ficha Catalográfica – Biblioteca Central Julieta Carteado

Santos, Alexandre da Silva

S233o Objeto de aprendizagem para o ensino do efeito fotoelétrico no ensino fundamental./
Alexandre da Silva Santos. Feira de Santana, 2016.
72f.: il.

Orientador: Juan Alberto Leyva Cruz

Coorientadora: Gabriela R. P. Rezende Pinto

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.

1.Física – Ensino Fundamental.2.Efeito fotoelétrico– Estudo e ensino.
3.Software educacional. I.Cruz, Juan Alberto Leyva, orient.II.Pinto, Gabriela R. P. Rezende, co-orient. III.Universidade Estadual de Feira de Santana. IV.Título.

CDU :53 (07)

Dedico esta dissertação à minha filha Sarah Elise Lisboa da Silva Santos, pois se não fosse por ela acho que nem iniciaria este trabalho.

Agradecimentos

Agradeço

- a Deus por conduzir meu caminho para realização de meus desejos.
- aos meus pais, João Lucas dos Santos e Adair Juçara da Silva Santos, por toda a educação que me deram.
- a minha esposa, Maria Gleice, por me apoiar e confiar em tudo que faço.
- a minha madrinha Zerilde Alvim, por cuidar e torcer por mim.
- a meu tio Antônio Josemar pelo exemplo de coragem e determinação.
- ao meu sogro e minha sogra, Sr. Vando e D. Val por me fazer perceber uma nova visão de vida.
- ao meu orientador professor Juan Alberto Leyva Cruz, pela motivação.
- a minha co-orientadora professora Gabriela Rezende, pela dedicação.
- ao coordenador do curso, prof Álvaro Santos Alves, por todo o apoio.
- ao professor José Carlos, por compartilhar suas lições de vida.
- a todos colegas e professores do MNPEF.
- ao Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro à pesquisa.
- a Kaio Oliveira, por ter transcrito o jogo para linguagem digital.
- a diretora e aos alunos da escola 2 de julho que contribuíram com a pesquisa.

RESUMO

O processo de ensino-aprendizagem de física é um desafio da educação no Brasil e no Mundo. Atualmente, há um consenso de que existe uma grande dificuldade em ensinar física em todos os níveis de ensino. Os professores queixam-se principalmente do desinteresse acompanhado da falta de motivação dos alunos em querer aprender física, além da prática generalizada de encontrar nas escolas, professores não graduados em física lecionando física, e os que existem são em número insuficiente e a qualidade de sua formação muitas vezes questionada. Estes fatores sem dúvidas têm dificultado as formas de levar o conteúdo de física e principalmente os relacionados com os conteúdos da física moderna e contemporânea para sala de aula. O efeito fotoelétrico é um fenômeno da física moderna e contemporânea e podemos observá-lo dia a dia no funcionamento das portas de shoppings, no sistema de iluminação pública, em sistemas de alarme, dentre outros. Neste trabalho foi desenvolvido um software educacional ou objeto de aprendizagem para PC, em forma de jogo sobre o efeito fotoelétrico, desenvolvido na linguagem de programação Java. O objetivo maior foi o de motivar o aluno ao aprendizado de alguns conceitos da física moderna e contemporânea, e assim, proporcionar uma aprendizagem significativa de conceitos básicos do efeito fotoelétrico, de acordo com a teoria de Ausubel. O objeto de aprendizagem é formado por uma apostila, um questionário e um jogo com várias fases, onde deverão ser aprendidos os conceitos básicos do efeito fotoelétrico. Antes e após o uso do *software* pelos estudantes foram aplicados questionários para avaliar o nível de aprendizagem desses conceitos e a motivação ao aprendizado de ciências. Foi criada uma estratégia de ensino-aprendizagem usando o OA e aplicada numa turma do nono ano do ensino fundamental em uma escola pública, no município de Lauro de Freitas, Bahia. Das análises dos resultados obtidos podemos afirmar que a aplicação do OA nos estudantes do 9º ano do ensino fundamental, gerou um certo nível de aprendizagem dos assuntos abordados sobre o efeito fotoelétrico. Ao mesmo tempo foi constatado um aumento na média do índice de motivação dos estudantes. O coeficiente alfa de *Cronbach* foi de 0.86, mostrando um valor elevado de confiabilidade dos dados dos questionários aplicados. Podemos destacar que a aplicação do produto didático, com a estratégia de aprendizagem proposta, mostrou-se válida e sugerimos sua utilização, para o ensino e motivação dos alunos do ensino fundamental no aprendizado de alguns conceitos da Física Contemporânea e Moderna, através do efeito fotoelétrico.

Palavras-chave: Ensino de Física, Efeito Fotoelétrico, Objeto de Aprendizagem, Java

ABSTRACT

LEARNING OBJECT FOR TEACHING THE PHOTOELECTRIC EFFECT IN ELEMENTARY EDUCATION

ALEXANDRE DA SILVA SANTOS

Prof^o Dr. Juan Alberto Leyva Cruz (Supervisor)
Prof^a Dra. Gabriela R.P. Rezende Pinto (Co-supervisor)

Abstract of master's thesis submitted to Graduate Program at State University of Feira de Santana (UEFS) in National Professional Teaching Physics Course (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for Master degree attainment.

Teaching-learning physics process is a challenge in Brazil and the world. Currently, there is a consensus of the existence of a great difficulty in teaching physics at all levels of education. Teachers complain mainly of disinterest, lack of student motivation to learn physics, besides the widespread practice of finding school teaching physics by teachers who do not have a degree in physics, the number of physics teachers are insufficient and the quality of their formation often are questioned. These factors undoubtedly have hindered the ways to bring the physics contents to the classroom, and especially those related to modern and contemporary physics. The photoelectric effect is a phenomenon of modern physics and we can see it, in the day to day functioning of the doors of malls, in public lighting system, alarm systems, among others. In this work an educational software for PC or learning object, in form of a game about the photoelectric effect was developed in Java programming language. The main objective was to motivate the student to learn some concepts of contemporary physics, and thus provide a significant learning basics of the photoelectric effect, according to Ausubel's theory. The learning object consists of a data-sheet explain the stages of the game, some evaluation questions, which should be learned the basics of the photoelectric effect. Before and after using the software by student's questionnaires were applied to assess the level of learning these concepts and motivation for learning science. A teaching and learning strategy using the LO was applied to a class of ninth year of elementary school in a public school from the city of Lauro de Freitas, Bahia. From the analysis of the results we can say that the application of LO in students of elementary school, generated a certain level of learning of the subjects on the photoelectric effect. At the same time, it was observed an increase in average student motivation index. The Cronbach's alpha was 0.86, showing a high value of reliability of data from the questionnaires. We highlight that the application of educational product, the proposed learning strategy, proved valid and suggest its use for teaching and motivation of elementary school students in learning some concepts of Contemporary Physics and Modern, through the photoelectric effect.

Keywords: Physics Education, Photoelectric Effect, Learning Object, Java

Lista de figuras

Figura 1: Tela inicial do OA -jogo Efeito fotoelétrico.....	10
Figura 2: Diferentes tarefas com aplicações do efeito fotoelétrico em forma de jogo.	11
Figura 3:Tela do jogo “Pato quântico”	12
Figura 4: Mapa conceitual do processo de aprendizagem significativa de Ausubel	13
Figura 5: Arranjo experimental de <i>Hallwachs</i> para a demonstração do efeito fotoelétrico. Extraída de Demtröder (2010).	17
Figura 6: (A) fototubo para a medição da corrente elétrica de fotoinduzida I _{ph} como uma função da tensão aplicada; (B) Fotocorrente I _{ph} (U). Extraída de Demtröder (2010).	17
Figura 7: Comportamento da tensão máxima U_0 em função da frequência ν da luz incidente, extraída de Demtröder (2010).	19
Figura 8: Diagrama experimental do experimento de Joffé e Dobronrawov no qual foi confirmado modelo de fóton de <i>Planck</i> , extraída de [Demtröder 2010].	19
Figura 9: Telas da primeira versão do projeto do OA.	24
Figura 10: Tela de abertura 1ª versão do software.....	25
Figura 11: Tela inicial do JEF.....	30
Figura 12: Tela da primeira missão.....	33
Figura 13: Tela principal do jogo.....	34
Figura 14: Tela da segunda missão.....	35
Figura 15: Primeira fase da segunda missão.....	35
Figura 16: Tela da terceira missão.....	36
Figura 17: Segunda fase da 3 missão.....	36
Figura 18: Tela final do jogo.....	37
Figura 19: Porcentagens de acertos por questão aplicada.	42
Figura 20: Porcentagem de acertos por aluno	44
Figura 21: Gráfico do total de pontos no questionário SMTSL por aluno	46

Lista de Quadros

Quadro 1: Resumo das atividades durante a pesquisa	26
Quadro 2: Classificação da confiabilidade a partir do coeficiente alfa de Cronbach.....	28
Quadro 3: Respostas dos alunos para cada questão Questionário EFE	43
Quadro 4: Total de pontos no questionário SMTSL	45

Sumário

1	Introdução.....	1
1.1	Problema de pesquisa	2
1.2	Objetivos.....	4
1.2.1	Geral	4
1.2.2	Específicos.....	4
1.3	Justificativa	4
1.4	Limites do trabalho.....	6
1.5	Estrutura do trabalho.....	7
2	Marco teórico.....	9
2.1	Uso de objetos de aprendizagem para o ensino de Física	9
2.2	Aprendizagem significativa no ensino de Física	13
2.3	Motivação no ensino	14
2.4	Bases físicas do efeito fotoelétrico	15
3	Metodologia	21
3.1	Cenário da Pesquisa.....	21
3.2	Instrumentos de pesquisa	22
3.2.1	Medindo a motivação	22
3.2.2	Estimando a confiabilidade: Coeficiente alfa de Cronbach.....	23
3.3	Procedimentos metodológicos	24
3.4	Avaliação dos Resultados	27
3.5	Aspectos Éticos	28
4	Estratégia de ensino-aprendizagem usando o JEF	30
4.1	JEF: Jogo efeito fotoelétrico.....	30
4.1.1	Aprenda a teoria.....	31
4.1.2	O Jogo	33
4.1.3	A Atividade	37
4.2	Estratégia de ensino-aprendizagem.....	40
5	Resultados e Discussões.....	42
6	Conclusões.....	47
	Referências Bibliográficas	49
	Apêndice I: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	54
	Apêndice II: Questionário SMTSL (com 35 questões).....	56
	Apêndice III: Questionário SMTSL (com 35 questões por Categoria)	58
	Apêndice IV: Questionário SMTSL com cálculo do alfa de Cronbach	60
	Apêndice V : Questionário EFE do JEF - Sessão Atividade	61

1 Introdução

O ensino e aprendizado de ciências e em particular em Física é um desafio da educação no Brasil e no Mundo. Atualmente, é um consenso que existe uma grande dificuldade em ensinar física em todos os níveis de ensino. Na maioria dos encontros de professores, a queixa presente é com relação ao desinteresse dos alunos em querer aprender (TORRE, 1999).

É comum encontrar nas escolas no Brasil professores não graduados em Física lecionando Física. Se juntarmos isto, ao fato de que o número e a qualidade na formação dos professores em física são insuficientes, poderemos entender a fundo este quebra-cabeça (NARDI, 1998). Estes fatores sem dúvidas têm dificultado as formas de levar o conteúdo de física e principalmente os relacionados com os conteúdos da física moderna e contemporânea (FMC) para sala de aula, em todos os níveis de ensino. De acordo com Bastos (2010),

Se por um lado a presença de outros profissionais nas salas de aula de Física tem sido vista pela legislação e pela academia como sendo um problema a ser minorado, por outro lado a escassez de licenciados tem convocado matemáticos, pedagogos, bacharéis em letras, professores de Educação Física, professores de História, contadores etc. para ocuparem estes lugares.

A inserção de profissionais de outras áreas na sala de aula é um problema muito grave que tende a formar pessoas com ideias distorcidas da realidade. Infelizmente, não observamos manifestações públicas da sociedade, principalmente dos pais e alunos, em exigir melhorias na educação no Brasil. Tampouco percebemos debates na sociedade sobre esses assuntos e não vemos preocupação dos legisladores em formalizar a profissão de professor apenas para os licenciados ou especialistas na área tal como é feito com a medicina, por exemplo. A situação ideal seria que cada professor atuasse na área que se formou.

Após a realização desta pesquisa, foram divulgados dados do censo escolar 2015 pelo ministro da educação onde diz que nas escolas públicas do Brasil, 200.816 professores dão aulas em disciplinas nas quais não

são formados, isso equivale a 38,7% do total de 518.313 professores na rede (AGENCIABRASIL, 2016).

Ainda segundo a Agência Brasil (2016),

A maior lacuna está em física. Do total de 27.886 professores que lecionam física, 19.161 não tem licenciatura na disciplina, o que equivale a 68,7% do total. [...] Seriam necessários, então, 11 anos para que todos os professores de física tivessem a formação adequada.

Com isso, foi anunciada pelo Ministério da Educação, a oferta de 105 mil vagas para formação de professores no segundo semestre de 2016. Sendo 20 mil vagas em universidades federais e 4 mil vagas em institutos federais. Além disso, a Universidade Aberta do Brasil vai ofertar 81 mil vagas de formação à distância (AGENCIABRASIL, 2016).

1.1 Problema de pesquisa

Para possibilitar uma melhora no processo de ensino-aprendizagem, além de formar professores específicos para a área, devemos motivar o aluno, ou ainda melhor seria que essa motivação partisse dele próprio. Com isso, deixamos claro que o foco da nossa pesquisa é a motivação.

Segundo Ausubel apud Moreira (2011a),

Se o aprendiz não manifestar uma disposição para relacionar de maneira substantiva um novo material, tanto o processo de aprendizagem quanto o seu produto de aprendizagem não serão significativos.

Sendo assim:

De que maneira podemos contribuir para que o aprendiz manifeste disposição para a aprendizagem?

De acordo com Fagundes de Souza e Heineck (2006), vários métodos de ensino em Física têm sido estudados e divulgados na literatura, e em particular o uso de softwares para simulação de fenômenos físicos tem chamado a

atenção a muitos pesquisadores BRUMFIELD (2005); GREDLER(1992); KIRKLEY &KIRKLEY (2005) e NIGHTINGALE(2006).

Isto se explica pelo grande avanço da possibilidade de integração da tecnologia no processo educativo. Em seu início, a tecnologia na educação significava trazer computadores para que os professores usassem os softwares disponíveis principalmente para tratamento de dados. Com a evolução da tecnologia na sala de aula, agora temos uma grande variedade de ferramentas de ensino disponíveis para ajudar a facilitar a aprendizagem do aluno e uma dessas ferramentas é a simulação de fenômenos físicos com o uso de um computador, que é um dos vários tipos de Objeto de Aprendizagem (OA).

Para Tarouco (2004), os objetos de aprendizagem são materiais educacionais com objetivos pedagógicos que servem para apoiar o processo de ensino-aprendizagem. Tarouco (2003) também diz que

a tecnologia de informática e comunicação atualmente permite criar material didático usando multimídia e interatividade que tornam mais efetivos os ambientes de ensino-aprendizagem apoiados nas tecnologias da informação e comunicação.

Uma simulação de computador é um OA utilizado para proporcionar aos alunos uma experiência um pouco mais próxima da realidade. Ela pode servir como uma técnica para melhoria da aprendizagem e aumentar o interesse e motivação do aluno e consciência no tema a ser discutido. Simulações proporcionam oportunidades para que os alunos possam explorar ambientes que espelham situações do mundo real ou ideias complexas. Simulações também fornecem formas inovadoras de usar tecnologia. “Novas tecnologias de informática permitem uma variedade de estratégias para projetar ambientes de aprendizagem que são realistas, autêntico, envolvente e divertido” KIRKLEY &KIRKLEY (2005).

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

- Propor uma estratégia de ensino-aprendizagem a partir do uso de um Objeto de Aprendizagem denominado JEF (Jogo Efeito Fotoelétrico) para potencializar a motivação do estudante e melhorar o ensino-aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea através da Simulação do Efeito Fotoelétrico(EFE) no ensino fundamental.

1.2.2 Específicos

- Projetar e construir o software educacional denominado JEF que permita a Simulação do EFE, escrito em Java para PC, para o ensino-aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea no 9° ano do ensino fundamental.
- Analisar a viabilidade do uso do JEF para o ensino-aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea no 9° ano do ensino fundamental, a partir da aplicação de uma estratégia de ensino-aprendizagem que utiliza o JEF como recurso educacional para potencializar a motivação e a aprendizagem dos alunos.
- Avaliar quantitativamente a motivação dos estudantes do 9° ano do ensino fundamental da Escola Municipal estudada, durante a aprendizagem de FMC usando o JEF.
- Analisar o entendimento do aluno quanto à explicação de fenômenos relacionados com o EFE, por meio da aplicação de um questionário pré-teste e pós-teste.

1.3 Justificativa

Os tópicos no ensino de física no Brasil estão desatualizados, dedicando-se muito tempo ao ensino de conteúdos que não fazem tanta parte da tecnologia na atualidade. É importante discutir tópicos de física que façam parte das tecnologias atuais, que estão no cotidiano dos alunos. Além disso,

como citado anteriormente, existe o problema na formação dos professores que não se sentem preparados para ensinar conteúdos de FMC.

Segundo Rezende (2009)

não é mais necessário remeter-se a extensas justificativas para se delinear a discussão sobre a necessidade da introdução de conceitos da Física do século XX no Ensino Médio em caráter emergencial, e de dispor, aos alunos que não seguirão carreiras científicas, elementos de Física Moderna e Contemporânea.

Outros autores já trataram dessa necessidade, como Lobato e Greca (2005); Ostermanne Ricci (2004); Greca (2000), sobre as modificações no currículo de Física. Por exemplo, Ostermann e Moreira (2000), reportaram um estudo sobre as metodologias para a inserção da FMC na educação básica, bem como aplicações pontuais e as dificuldades encontradas nesses processos Machado e Nardi(2007); Rezende (2006); Mota (2000); Ostermann(1999).

O uso da tecnologia da computação na criação de materiais didáticos para o apoio à aprendizagem no ensino tem aumentado nos últimos anos. De acordo com Wiley(2000), estes materiais didáticos reutilizáveis são chamados de Objetos de Aprendizagem (OA), um exemplo deste tipo de OA são as simulações computacionais de fenômenos da Física.

Neste trabalho propomos o uso do Objeto de Aprendizagem JEF para melhorar o ensino-aprendizagem do EFE no ensino fundamental. O EFE foi escolhido, pois ele representa um fenômeno que permite explorar de forma bem clara as primeiras ideias fundamentais da mecânica quântica. Além disso, o EFE é um tema importante para que o ensino da FMC seja mais atual, estando mais próximo da realidade do aluno. Por exemplo, observamos no dia a dia o funcionamento das portas de shoppings que se abrem sozinhas, um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho, sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente. São exemplos que podem ser explicados através do EFE.

O aplicativo contém um jogo sobre EFE e foi projetado e desenvolvido por acreditar que é necessário criar métodos para se ensinar FMC no ensino

básico e para isso precisamos pensar na melhor maneira de levar esse conhecimento para os alunos. Os alunos reivindicam e, acima de tudo, necessitam de novas metodologias e novas técnicas que despertem o interesse pela disciplina como condições para um melhor desempenho na Física (KLAJN,2002).

Alguns estudos sugerem incentivar a continuação e expansão de programas de educação para as mídias, ou iniciar a implementação de programas de educação para as mídias em locais onde eles não existem atualmente. Além disso, se inclui incentivar o uso inovador da tecnologia, onde ele já não estiver sendo usado, tais como programas de educação on-line para crianças com faltas escolares prolongadas, mas clinicamente justificados (STRASBURGER;HOGAN,2013).

Uma forma inovadora de usar essas mídias no ambiente escolar, em particular no ensino de Física, é utilizando um objeto de aprendizagem contendo um jogo que nos permita fazer que o aluno ganhe o tempo dele com aplicativos que o faça aprender e passar a desejar aprender cada vez mais, por poder verificar que a Física faz parte da sua vida e que é possível aprender usando um recurso mais atrativo, como são os jogos educacionais.

É muito mais eficiente aprender por meio de jogos e, isso é válido para todas as idades, desde o maternal até a fase adulta. O jogo em si, possui componentes do cotidiano e o envolvimento desperta o interesse do aprendiz, que se torna sujeito ativo do processo(LOPES, 2001).

De vários tipos de aplicativos que podem ser feitos, os jogos podem despertar grande interesse pelo seu uso, e talvez seja uma das formas mais motivadoras, lúdicas e eficientes de se desenvolver o aprendizado.

1.4 Limites do trabalho

Em função do limite de tempo estabelecido pelo programa do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) para a conclusão do curso, e pela quantidade de objetivos específicos que deveriam ser alcançados para a conquista do objetivo primordial deste trabalho, decidiu-se constituir uma parceria com Gomes (2015), um estudantedo Curso de Engenharia de

Computação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) para a codificação do JEF em linguagem Java. Assim, uma dupla de desenvolvimento foi formada. O autor deste trabalho projetou o JEF, participou de todo processo de desenvolvimento e o aplicou com os alunos; enquanto Gomes(2015) ficou responsável pela gestão do desenvolvimento, a sua codificação em linguagem Java e a sua validação junto a outros especialistas em Física, a fim de verificar se o JEF atendia aos requisitos técnicos e pedagógicos levantados. Para o uso do software, é necessário que os computadores tenham instalado uma versão do Java, que segundo o site techtudo Tech-Java (2016):

Java é uma linguagem de programação orientada a objeto e desenvolvida pela Sun Microsystems na década de 90, que atualmente, pertence a Oracle. A característica mais marcante dessa linguagem é que programas criados nela não são compilados em código nativo da plataforma.

Outra limitação por questão de tempo é o número de fases contidas na seção do jogo. Poder-se-ia construir mais fases de modo a explorar outros conteúdos, como corrente de saturação, por exemplo; mas com apenas uma pessoa programando isso demandaria mais tempo que o disponível.

1.5 Estrutura do trabalho

Este trabalho encontra-se articulado em cinco capítulos.

No Capítulo 1 apresentou-se a introdução, que contém o contexto da pesquisa, o problema, os objetivos, a justificativa e os limites do trabalho.

No Capítulo 2 apresentam-se informações sobre os objetos de aprendizagem (OA) e seu uso, alguns exemplos de OA projetados para o ensino do EFE, um breve resumo sobre aprendizagem significativa e sobre a motivação no ensino. Por fim, conceitos básicos do EFE são explorados.

Já no Capítulo 3, trata-se da metodologia utilizada, onde primeiramente explica-se o tipo de pesquisa aplicada, a escola e os alunos pesquisados, o questionário e outros procedimentos metodológicos, além de breve explicação sobre o software desenvolvido e aplicado.

No Capítulo 4 explica-se o JEF com detalhes e como foi planejada e executada a estratégia de ensino-aprendizagem utilizando o OAJEF.

No Capítulo 5 mostrar-se-á a análise dos dados obtidos através de um questionário próprio para pesquisas sobre motivação e de um questionário sobre conceitos básicos do EFE. Além disso, apresenta-se um cálculo sobre o grau de confiabilidade dos dados obtidos através do questionário sobre motivação.

No Capítulo 6 temos a conclusão da dissertação onde ressaltamos os benefícios da pesquisa e os trabalhos a serem realizados futuramente.

2 Marcoteórico

Neste capítulo apresentaremos uma revisão de literatura a qual buscamos informações a respeito do uso de OA para o ensino de física (Seção 2.1); logo após trataremos de alguns conceitos da aprendizagem significativa (Seção 2.2), da motivação no ensino (Seção 2.3) e de conceitos sobre o efeito fotoelétrico (Seção 2.4).

2.1 Uso de objetos de aprendizagem para o ensino de Física

O uso da tecnologia da computação na criação de materiais didáticos para o apoio à aprendizagem no ensino tem aumentado nos últimos anos. De acordo com Wiley(2000), estes materiais didáticos reutilizáveis são chamados de Objetos de Aprendizagem (OA), e um exemplo deste tipo de OA são as simulações computacionais de fenômenos da Física. É necessário reconhecer que tais OA não objetivam a substituição dos experimentos físicos reais nos laboratórios ou aulas demonstrativas. Ao contrário, pesquisas têm mostrado que sua utilização em conjunto com as demonstrações práticas torna eficiente o processo de aprendizagem por parte dos estudantes (DORNELES, 2008), apesar de que seu uso em sala de aula no ensino médio e inclusive universitário ainda não é sistemático.

Atualmente existem vários bancos de dados sobre diferentes tipos de OA disponibilizados na Internet para acesso gratuito; dentre os quais podemos destacar o PhET (<http://phet.colorado.edu>) o qual é um programa da Universidade do Colorado que pesquisa e desenvolve simulações na área de ensino de ciências e as disponibiliza em seu website e podem ser usadas on-line ou serem baixadas gratuitamente. Também se destaca o sitio digital Compadre (<http://www.compadre.org>), com tópicos na área de física de boa qualidade, e permitindo seu uso gratuito para estudantes e professores e público em geral.

Antunes de Macêdo(2012) apresenta os resultados do processo de elaboração e aplicação de roteiro de atividades, dirigido a professores do Ensino Médio, no qual são utilizadas simulações computacionais para o ensino

de temas selecionados de Eletromagnetismo, usando o projeto PhET. De acordo com os autores, os roteiros propostos usando o OA específico para introduzir o tópico de condutores e isolantes, aplicado numa turma do terceiro ano do Ensino Médio, após análises dos dados obtidos pela aplicação de um questionário pré-teste e pós-teste, demonstrou-se que a aula ministrada usando o recurso pedagógico com o OA se mostrou viável para o ensino dos conceitos físicos básicos que caracterizam os materiais condutores e isolantes.

Recentemente Neumann, R. e Barroso, MF (2005), apresentaram um trabalho sobre o uso simultâneo de simulações e animações sobre oscilações criadas na linguagem Macromedia Flash com textos, experimentos e vídeos em cursos básicos de nível superior e em cursos de formação continuada de professores. De acordo com os autores o uso dos programas com OA permitem aos estudantes configurar as variáveis do sistema físico de forma mais fácil comparado com os experimentos em laboratórios, e a obtenção e visualização de resultados de forma mais clara, contribuindo para uma melhor compreensão dos conteúdos físicos discutidos.

O Projeto “A Física e o Cotidiano” de conteúdos digitais do ministério da educação, desenvolvido pela Secretaria da Educação do Estado da Bahia, em parceria com a Universidade do Estado da Bahia, criou um OA em forma de jogo com base no EFE, na Fig.1 mostramos sua interface gráfica principal.



Figura 1: Tela inicial do OA-jogo Efeito fotoelétrico.

Fonte: ambiente.educacao.ba.gov.br/fisicaecotidiano/conteudos/view/efeito-fotoeletrico_view.html

De acordo com os autores, o jogo realizado no OA sobre o EFE (ver Fig.1), apresenta situações práticas envolvendo desafios a serem resolvidos pelos alunos. O objetivo é mostrar o que é o EFE e porque ele ocorre, através da animação de experimentos relacionados ao cotidiano. As animações terão um personagem que guiará o usuário (jogador) pelos desafios que compõem o software. Além de explicar um pouco sobre o conteúdo, esse guia será o provocador do jogador, instigando-o a realizar os desafios. Essas tarefas serão transmitidas a partir de uma espécie de prancheta que o guia utilizará. Este tipo de OA favorece em grande medida a aprendizagem, pois a partir dos desafios postos, estimulam-se a criatividade e a interatividade dos estudantes. Na Fig.2, ilustramos as interfaces gráficas do OA-jogo Efeito fotoelétrico para as 5 tarefas.

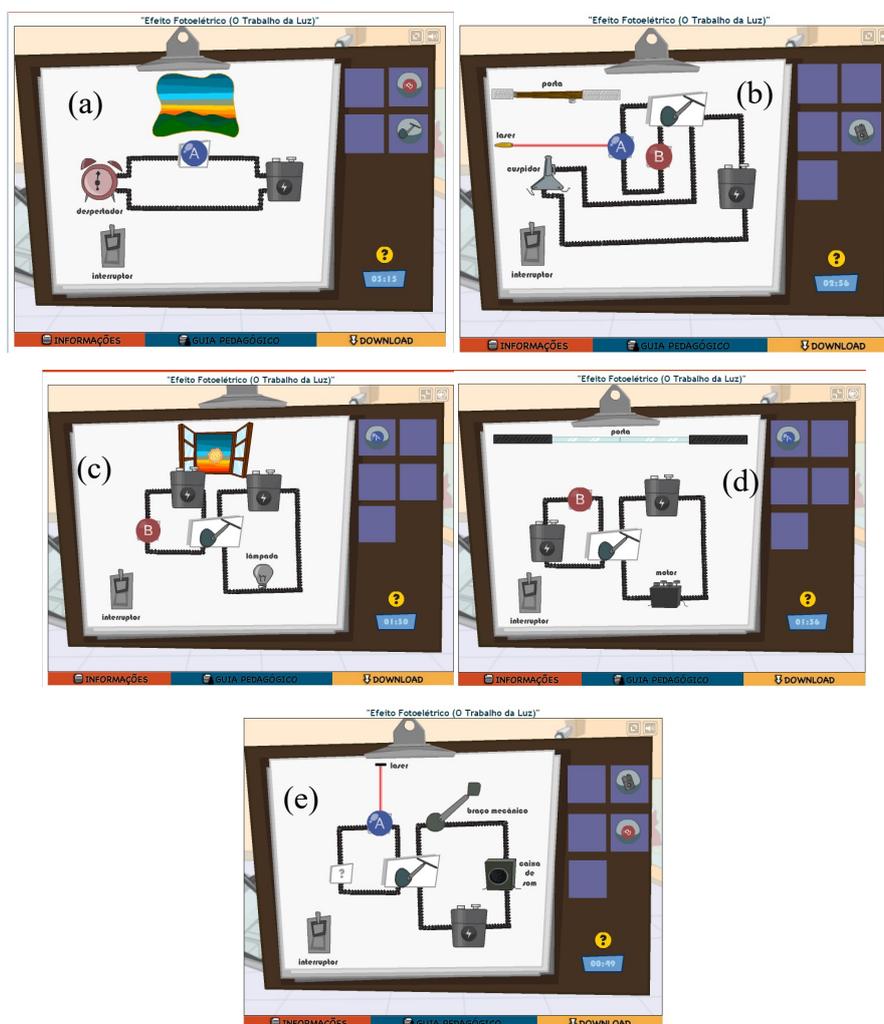


Figura 2: Diferentes tarefas com aplicações do efeito fotoelétrico em forma de jogo.

Fonte: Ambiente educação – fisicaecotidiano(2015)

O OA – jogo Efeito fotoelétrico é dividido em várias tarefas. A primeira tarefa é a montagem de um circuito que ao ser iluminado pelo sol, deverá acionar um despertador (Fig.2a). Na segunda tarefa, o usuário deverá montar um circuito de uma armadilha para seu quarto que é acionada quando se abre a porta (Fig.2b). A terceira tarefa é montar um circuito que simule o acender das lâmpadas dos postes no período noturno (Fig.2c). A quarta tarefa é montar um circuito que ao detectar movimento, acione um motor para abrir uma porta (Fig.2d). A última tarefa é a construção de um circuito que funciona como um alarme para detectar a presença de um ladrão (Fig.2e).

Um segundo jogo analisado é denominado Pato Quântico, (Proativa - PatoQuântico, 2015). Segundo os desenvolvedores, este jogo é uma metáfora do EFE e possui um canhão onde o jogador pode selecionar a cor dos fótons e a intensidade (n° de balas) e pode verificar se os patos, que representam elétrons de uma superfície metálica, serão ou não arrancados (ver Fig. 3).

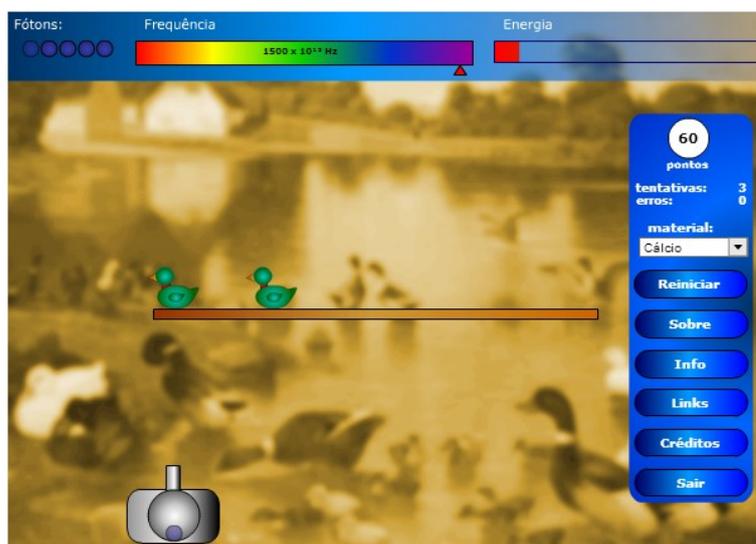


Figura 3:Tela do jogo “Pato quântico”

Fonte: proativa.vdl.ufc.br/oa/pato/pato.html

Na mesma Fig.3 podemos observar a tela do jogo chamado de Pato Quântico. Foi preciso um pouco mais de tempo para entender este jogo, o que nos pareceu ser de difícil compreensão, além disso, a metáfora usada não foi uma boa escolha, afinal atirar em animais por diversão não parece ser uma coisa legal. O único atrativo é o gráfico e fora isso dificilmente alguém que não conheça o assunto vai entender o que está fazendo.

2.2 Aprendizagem significativa no ensino de Física

Ensinar Física é um desafio a ser vencido todos os dias nas salas de aulas e depende de vários fatores como discutidos anteriormente, inclusive da motivação e do interesse do aluno em aprender Física. Estimular o interesse dos alunos para que o processo de ensino-aprendizagem se dê de maneira significativa é um problema comum aos docentes em todos os níveis.

Na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel o material a ser aprendido deve estar relacionado com a estrutura cognitiva do aluno e que o aluno manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material (MOREIRA, 2011a).

A estrutura cognitiva, segundo Ausubel, é o conteúdo total e organizado de ideias de um dado indivíduo; ou, no contexto da aprendizagem de certos assuntos, refere-se ao conteúdo e organização de suas ideias naquela área particular de conhecimento (FARIA, 1989).

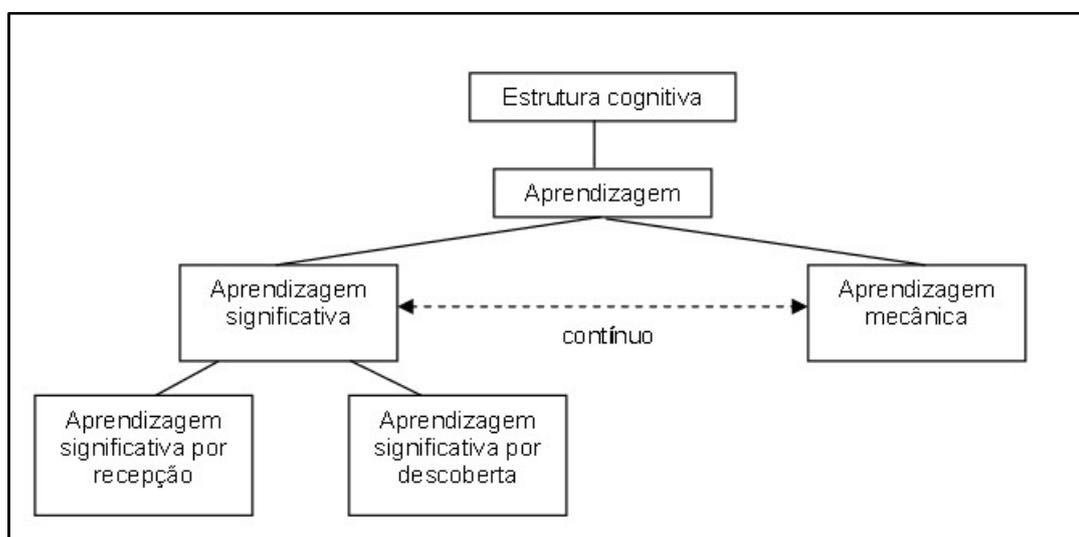


Figura 4: Mapa conceitual do processo de aprendizagem significativa de Ausubel

Fonte: <https://rcrrodrigues.wordpress.com/author/rcrrodrigues>

A aprendizagem se une a estrutura cognitiva, que a partir de conceitos relevantes prévios adquire novos conceitos que possibilitam novos aprendizados. Esses conceitos relevantes podem ser chamados de *subsunçores*.

Quando o estudante não possui os subsunçores necessários para que um novo conteúdo seja retido, são usados os organizadores prévios, que para Moreira e Masini(1982) é um

Material introdutório apresentado antes do material a ser aprendido, porém em nível mais alto de generalidade, inclusividade e abstração do que o material em si e, explicitamente, relacionado às ideias relevantes existentes na estrutura cognitiva e à tarefa de aprendizagem. Destina-se a facilitar a aprendizagem significativa, servindo de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele precisa saber para que possa aprender o novo material de maneira significativa. É uma espécie de ponte cognitiva.

Neste trabalho faremos um estudo do uso de um objeto virtual de aprendizagem, para o ensino de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea no contexto da teoria da Aprendizagem Significativa. Objetivamos que os alunos sintam-se interessados e motivados em aprender significativamente e esperamos que nosso material possa ser utilizado como um organizador prévio.

2.3 Motivação no ensino

Podemos notar em muitas salas de aula a falta de interesse dos alunos em aprender a matéria que o professor insiste em querer ensinar. Muitos alunos não prestam atenção nas aulas, não fazem as atividades, não ficam nas salas de aula entre outras queixas que são recorrentes nas conversas entre os professores. Mas porque será que isso acontece?

As aulas podem não ser atrativas, podem não despertar no aluno o interesse em aprender ou pode não ficar claro para o aluno sobre a necessidade de aprender aquele determinado conteúdo. Quando o aluno se mostra dessa maneira, não é difícil encontrar algo que possa dar ao aluno um motivo para que ele faça outra coisa. Pode ser algo no celular, uma conversa com o colega ao lado, ou até mesmo ficar seguindo um mosquito voando na sala de aula. O que falta nesse caso é um motivo para assistir a aula, para participar das atividades propostas e para aprender a matéria a ser ensinada.

Esse motivo pode ser provocado por ações externas que chamamos de motivação extrínseca onde o aluno busca uma tarefa escolar para melhorar

suas notas ou receber recompensas e elogios e/ou evitar punições (MARTINELLI;BARTHOLOMEU, 2007).

Segundo Guimarães e Boruchovitch(2004), a motivação intrínseca é o fenômeno que melhor representa o potencial positivo da natureza humana, sendo considerada por Deci e Ryan (2000), entre outros, a base para o crescimento, integridade psicológica e coesão social. Configura-se como uma tendência natural para buscar novidade, desafio, para obter e exercitar as próprias capacidades.

O ser humano motivado intrinsecamente pode vir a desmotivar-se se suas necessidades não forem satisfeitas e caso o estímulo externo não seja forte o suficiente para que a pessoa se disponha a enfrentar situações adversas, este pode se sentir totalmente desmotivado.

Na educação escolar, o papel do professor é fundamental para despertar o motivo no aluno. O aluno motivado tem possibilidade de aprender melhor e esse despertar da motivação deve ter como meta uma motivação intrínseca que pode ser influenciada pela ação do professor.

Para Guimarães e Boruchovitch(2004) o estilo motivacional do professor é considerado uma característica vinculada à personalidade, mas é vulnerável a fatores sóciocontextuais como, por exemplo, o número de alunos em sala de aula, o tempo de experiência no magistério, o gênero, a idade, as interações com a direção da escola, as concepções ideológicas, entre outros. Além disso, a interação dos professores com seus alunos extrapola as disposições pessoais por englobar a sua percepção acerca do envolvimento dos estudantes, das pressões sofridas no decorrer do ano letivo, provenientes das relações com a comunidade, como pais e diretores e o tipo de avaliação do trabalho utilizado pela escola.

2.4 Bases físicas do efeito fotoelétrico

Durante os séculos XIX e XX os Físicos vivenciaram uma longa batalha sobre a correta descrição da natureza da luz. A escola de Newton postulava que a luz deveria ser composta de pequenas partículas. Estes postulados explicavam os caminhos em linha reta dos raios de luz e também o fenômeno

da refração da luz ao atravessar a fronteira entre dois meios com índices de refração diferentes. Huygens e outros cientistas, por outro lado, acreditavam que a luz era um fenômeno ondulatório, e esta ideia quedava demonstrada por meio dos experimentos clássicos da difração e da interferência da luz. Esta corrente da natureza ondulatória da luz teve sua confirmação experimental na descoberta das ondas eletromagnéticas por *Heinrich Hertz*, demonstrando que a luz visível era uma onda eletromagnética e os fenômenos derivados dela podiam ser descritos pelas equações de Maxwell, e apresentavam características específicas a uma dada região específica do espectro eletromagnético.

O efeito fotoelétrico ou processo da liberação de elétrons num dado material, após este ser submetido a ação da luz, constitui um dos fenômenos na física, que ao tentar explicá-lo, se lhe aplicaram os modelos corpuscular ou ondulatório da luz. Na tentativa de obter uma explicação razoável, primeiramente foi aplicado o modelo clássico ondulatório, mas os resultados teóricos eram diferentes dos experimentais. A explicação mais aceita do EFE foi possível, quando se aplicou o modelo de partícula da radiação eletromagnética. Importante ressaltar, que esta teoria corpuscular da luz, utilizava as ideias iniciais da mecânica quântica sobre a quantização da energia da luz, isto é, cada campo eletromagnético com frequência ν apresenta $h\nu$ quanta de energia, chamadas de fótons.

Em 1887 *Heinrich Hertz*, encontrou que numa placa metálica carregada negativamente ao ser irradiada com luz ultravioleta, sua carga total decresce. Este fato também foi corroborado experimentalmente por *Wilhelm Hallwachs* em 1895. Estes resultados mostravam o fato de que ao incidir luz na placa os elétrons eram expelidos de seu interior, ver Fig. 5.

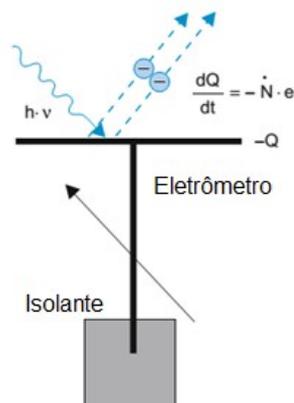


Figura 5: Arranjo experimental de *Hallwachs* para a demonstração do efeito fotoelétrico. Extraída de Demtröder(2010).

De acordo com Demtröder(2010), a emissão de elétrons induzida pela luz, pode ser medida quantitativamente realizando um experimento no qual pode ser utilizado um dispositivo como o ilustrado na Fig. 6a. Nesta figura podemos representar uma placa irradiada dentro de uma ampola de vidro a vácuo que serve como cátodo, e está no lado oposto de outra placa com dimensões próximas com tensão positiva que forma o ânodo e ambas submetidas a uma diferença de potencial U .

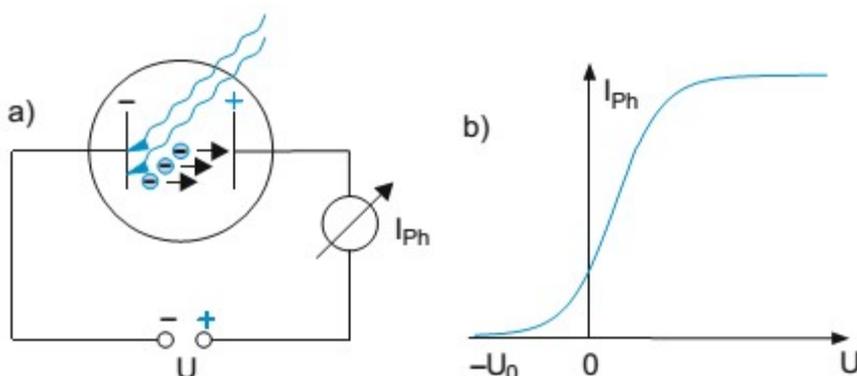


Figura 6: (A) fototubo para a medição da corrente elétrica de fotoinduzida I_{Ph} como uma função da tensão aplicada; (B) Fotocorrente $I_{Ph}(U)$. Extraída de Demtröder(2010).

Na Fig. 6b, extraído de Demtröder (2010), mostramos um exemplo típico do comportamento da corrente dos fotoelétrons em função da tensão U entre cátodo e o ânodo,. As medições mostram que a fotocorrente $I_{Ph}(U)$ começa já em um nível de tensão elétrica de $-U_0$, significando que o ânodo apresenta uma tensão U_0 negativa em relação ao cátodo e aumenta com o aumento da tensão até atingir um valor de saturação que depende da potência radiativa incidente

que incide sobre o cátodo. Uma vez que os elétrons conseguem alcançar o ânodo com um valor da tensão de polarização negativa maior ou igual a $-U_0$, são emitidos a partir do cátodo com uma energia cinética de acordo com,

$$E_c = \frac{m_e}{2} v^2 \geq eU \quad (2.01)$$

Por outro lado, estudando experimentalmente o EFE em 1902, Lennard obteve os seguintes resultados empíricos, de acordo com Demtröder(2010).

- A energia cinética ($m V^2 / 2$) dos fotoelétrons é dependente unicamente do comprimento de onda da luz incidente (λ), e não de sua intensidade!
- O número de fotoelétrons ejetados é proporcional à intensidade da luz.
- Não há atraso de tempo mensurável entre irradiação e a ejeção de elétrons.

Também de acordo com Demtröder(2010), *Einstein* foi capaz de explicar os resultados experimentais de *Lennard* em 1905, utilizando o modelo corpuscular de quanta de luz (fótons). Einstein conclui que cada fóton absorvido transfere sua energia $h\nu$ completamente a um elétron dentro do metal, estes elétrons são ligados aos átomos do material metálico por forças atrativas e precisa de um mínimo de energia W_a (função de trabalho) para deixar o metal. Então, a energia cinética máxima dos fotoelétrons determina-se pela seguinte relação, chamada equação de *Einstein* para o EFE,

$$E_c^{max} = h\nu - W_a \quad (2.02)$$

Experimentalmente a energia cinética máxima se encontra da seguinte condição,

$$E_c^{max} = eU_0 \quad (2.03)$$

e pode ser determinada a partir do valor da tensão de polarização U_0 que dispara a geração da fotocorrente no material. A equação de *Einstein* (2.02) pode então ser reescrita da seguinte forma,

$$eU_0 = h\nu - W_a \quad (2.04)$$

De acordo com Demtröder(2010), usando a teoria de Einstein, podemos ao plotar eU_0 versus a energia dos fótons $h\nu$, obter uma linha reta como mostrado na Fig. 7.

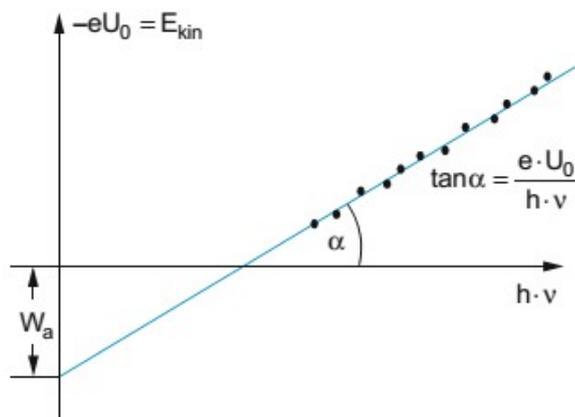


Figura 7: Comportamento da tensão máxima U_0 em função da frequência ν da luz incidente, extraída de Demtröder(2010).

Nessa mesma Fig. 7, podemos ver que determinando o coeficiente angular ou tangente da reta, como $\tan \alpha = eU_0 / h\nu$, poderemos determinar a constante de Planck h . A intersecção com o eixo vertical permite encontrar a função de trabalho W_a material do cátodo.

De acordo com Demtröder(2010), existem inúmeras descrições de experimentos detalhados na literatura que inequivocamente corroboram a teoria do efeito fotoelétrico de *Einstein*. Um exemplo é o experimento realizado por Joffe e Dobronravov em 1925.

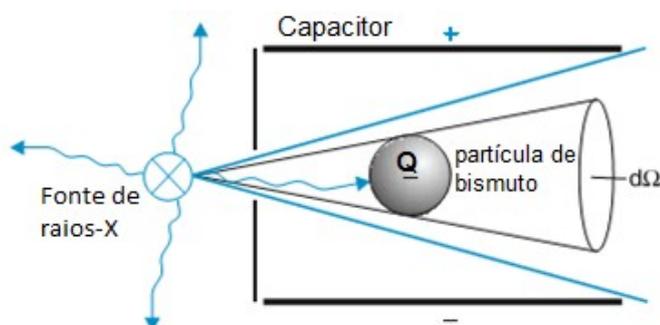


Figura 8: Diagrama experimental do experimento de Joffé e Dobronravov no qual foi confirmado modelo de fóton de *Planck*, extraída de [Demtröder 2010].

Joffe e Dobronravov, apud Demtröder (2010) mediram às alterações ΔQ da carga Q de uma pequena partícula de bismuto equilibrada entre as placas de um capacitor (ver Fig. 8), durante a iluminação da partícula com raios X de baixa intensidade. Cada mudança ΔQ , causada pela perda de um elétron, causava uma perturbação do equilíbrio entre a força gravitacional e a elétrica

resultando no movimento da partícula, que foi observado através de um microscópio. Segundo Demtröder(2010), a fonte de raios-X usada por Joffe e Dobronravov, emite aproximadamente $\dot{N} = 10^3$ quantas de raios-X por segundo ($\dot{N} = dN/dt$) com energia aproximadamente de $E = h\nu = 10^4 eV$ por segundo em todas as direções, com uma potência da radiação de $10^{-12} W$, produzindo uma mudança no valor da carga elétrica ΔQ da partícula que pode ser observada a cada 30 minutos. Desde o ponto de vista quântico estes resultados experimentais podem ser explicados da seguinte forma. O número de fótons de raios-X com energia $E = h\nu$ que acertam as partículas de bismuto dentro do intervalo de tempo Δt é $Z = \dot{N}\Delta t\Delta\Omega/4\pi$, onde $\Delta\Omega$ é o ângulo sólido estendido sobre a partícula. Para um valor de $\Delta\Omega = 6 * 10^{-6} sr$ e um $\Delta t = 1800 s$ o número estimado é de $Z = 1$, em total acordo com o experimento.

O modelo clássico descreve os raios-X como uma onda esférica, propagando-se desde uma fonte pontual em todas as direções. Como no modelo quântico, a quantidade dP da potência absorvida pela partícula é $dP = P d\Omega/4\pi$, a potência absorvida deve ser partilhada por todos os $N = 10^{12}$ elétrons da partícula de bismuto. A fim de emitir um elétron após 30 min, todos os elétrons devem transferir simultaneamente a sua energia, para um simples elétron, o que é altamente improvável.

Este exemplo mostra que a deficiência do modelo ondulatório radica no fato de que não se concentra a energia da onda eletromagnética para um único elétron, mas espalhasse por um volume maior, determinado pela área irradiada. No entanto, esta controvérsia com os resultados experimentais pode ser solucionada, se não só a radiação, mas também os elétrons são descritos como ondas. Todo o exposto anteriormente nesta seção nos mostra que as propriedades corpusculares dos fótons, como por exemplo a massa $m = h\nu / c^2$, a energia $h\nu$ e o momento, $p = h/\lambda$, somente podem ser definidos em função das características de frequência ν e do comprimento de onda $\lambda = c/\nu$. Tudo isto, por si só nos demonstra a estreita ligação entre o modelo corpuscular e ondulatório das ondas eletromagnéticas, ou seja, a luz tem propriedades de ondas e também de partículas. O ponto importante é que ambos os modelos não se contradizem, mas se complementam, dependendo do fenômeno em particular que se está analisando.

3 Metodologia

A pesquisa teve uma abordagem quantitativa, que é um tipo de pesquisa que procura estudar os fenômenos de interesse da pesquisa em educação através de estudos experimentais ou correlacionais, caracterizados, primordialmente, por medições objetivas e análises quantitativas (MOREIRA, 2011b). Neste tipo de pesquisa é importante, após a escolha dos sujeitos da pesquisa, utilizar instrumentos de coleta de dados adequados e confiáveis.

3.1 Cenário da Pesquisa

A aplicação do produto foi realizada na escola municipal 2 de julho que fica situada no bairro de Itinga, cidade de Lauro de Freitas – Bahia.

A escola funciona nos 3 turnos, apenas com o ensino fundamental, atendendo a mais de mil alunos. A escola possui um amplo espaço e boa estrutura.

A sala de informática conta com pessoal técnico de um projeto voluntário para auxiliar na manutenção de todos os equipamentos necessários para realização da pesquisa.

Participaram da pesquisa 14 alunos da turma de último ano do ensino fundamental, no turno noturno. Estes alunos são todos maiores de idade e grande parte trabalha durante o dia e vão para escola direto do trabalho. Todos moram no bairro em que se situa a escola, porém alguns têm dificuldade de retornar para suas casas devido à periculosidade e a extensão do bairro.

Nenhum dos alunos, segundo eles, tiveram aulas de física, pois disseram que na disciplina de ciências, até então, só tinha assuntos que parecem ser de biologia.

A turma escolhida para o trabalho foi por indicação da diretoria da escola que acreditou ser a turma mais assídua e melhor para se trabalhar por haver um número maior de alunos frequentando.

3.2 Instrumentos de pesquisa

O método adotado teve um enfoque quantitativo com aula expositiva, aula prática utilizando o JEF e aplicações de questionários.

Os instrumentos de levantamento de dados utilizados foram dois questionários, um para verificar a motivação (Apêndice II) e outro para verificar o aprendizado (Apêndice V).

3.2.1 Medindo a motivação

Tuan, et al, (2005) publicaram um questionário que avalia a motivação dos alunos em relação à aprendizagem de ciências (SMTSL - do termo em inglês *Student's Motivation Towards Science Learning*). O SMTSL é composto por 35 itens distribuídos em seis escalas: auto eficácia (itens 1-7), estratégias de aprendizagem ativa (itens 8-15), valor da aprendizagem da ciência (itens 16-20), as metas de desempenho (itens 21-24), metas de realização (itens 25-29), e o ambiente de aprendizagem estimulante (itens 30-35). Neste instrumento de coleta de dados, desses 35 itens, são usados originalmente 26 itens com respostas positivas esperadas e 9 itens com respostas esperadas negativas, apresentadas numa escala tipo *Likert*.

A escala *Likert* é uma das escalas mais usadas em pesquisa de opinião. Nessa escala são comumente usados números ímpares de itens onde o item central corresponde a uma opinião neutra e o restante é dividido em níveis de concordância e de discordância de uma afirmação (LIKERT, 1932).

Na maioria das vezes são cinco o número de itens e a pontuação final obtida pelo *Simpler Method* que atribui valores de 1 a 5 para os itens positivos e o inverso, ou seja, de 5 a 1 para os itens negativos. Então somamos os valores de cada uma das respostas e obtemos a pontuação final de cada uma das questões.

Segundo Sevinç, Özmen e Yigit (2011) o questionário SMTSL foi usado na Turquia por Yilmaz e Cavaz em 2007 mantendo as seis escalas, porém usando apenas 33 questões, sendo 25 positivas e 8 negativas.

Na confecção do questionário desta pesquisa, optamos por mesclar as duas versões do questionário. Mantendo as 35 questões da versão de Tuan, et al. (2005) e distribuindo as questões em 8 negativas, conforme a versão Turca restando 27 questões com respostas positivas esperadas (APÊNDICEII).

3.2.2 Estimando a confiabilidade: Coeficiente alfa de Cronbach.

Para se realizar uma pesquisa quantitativa podemos usar questionários, formulários ou outros instrumentos de coleta de dados para que a partir do processamento dos dados possamos encontrar algum resultado, em relação a nossas hipóteses. Mas como saber se as medidas efetuadas são medidas que correspondem ao valor verdadeiro, na pesquisa em ensino?

Como se sabe, o valor observado é composto de um valor verdadeiro e um erro associado que pode ser aleatório e/ou sistemático. Quanto mais o valor observado se aproxima do valor verdadeiro de maneira que o erro aleatório é o menor possível, mais confiável será o instrumento utilizado para a coleta dos dados.

Cronbach(1947) apresenta quatro definições para o termo confiabilidade e os respectivos métodos para sua estimação:

- Definição 1 – *coeficiente de estabilidade*: Confiabilidade é o grau com que o resultado de um teste permanece com diferenças inalteráveis individualmente em qualquer tratamento.

- Definição 2 – *coeficiente de estabilidade e equivalência*: Confiabilidade é o grau com que o resultado de um teste permanece com diferenças inalteráveis no universo e na amostra definida pelo teste.

- Definição 3 – *coeficiente de equivalência*: Confiabilidade é o grau com que o resultado de um teste indica o status do indivíduo no universo e na amostra definida pelo teste.

- Definição 4 – *auto-correlação hipotética*: Confiabilidade é o grau com que o resultado de um teste indica diferenças individuais em qualquer tratamento no presente momento.

Em 1951, Cronbach apresentou um coeficiente alfa como forma de estimar a confiabilidade de um questionário aplicado em uma pesquisa

medindo a correlação entre as repostas no questionário através da análise das respostas dadas pelos respondentes. O coeficiente alfa é calculado pela fórmula:

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \times \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right)$$

onde k corresponde ao número de itens no questionário; S_i^2 significa a variância de cada item e S_t^2 representa a variância total do questionário, e pode ser entendida como a soma de todas as variâncias.

3.3 Procedimentos metodológicos

Primeiramente fizemos uma revisão de literatura e uma pesquisa sobre os objetos de aprendizagem disponíveis na internet onde encontramos muitos simuladores e poucos jogos sobre o EFE, assunto escolhido para ser tratado.

Com isso foi pensado um jogo onde o aluno devesse conhecer alguns conceitos sobre o EFE para que pudesse avançar nas fases. Na sua versão de apresentação foram desenhadas algumas telas no programa MS- Power point para se ter uma ideia sobre como poderia funcionar o jogo.



Figura 9: Telas da primeira versão do projeto do OA.

Com o avançar do projeto, vimos a necessidade de transformar o jogo em um software onde o jogo seria apenas uma parte dele, pois assim poderíamos utilizá-lo não só para proporcionar a motivação, mas também como

forma de verificar se houve algum aprendizado. Para isso, acrescentamos no software um teste de múltipla escolha e uma apostila com um resumo sobre o assunto.



Figura 10: Tela de abertura 1ª versão do software.

Após a idealização do software, buscamos uma forma para o seu desenvolvimento. Pensamos em várias linguagens de programação, como Python, Html5 com Canvas, Delphi, Flash entre outras. Mas nenhuma delas parecia ser possível de se aprender com certo grau de domínio no tempo disponível.

Por isso, procuramos alguém que pudesse colaborar com o projeto. Daí surgiu a parceria com um formando em engenharia da computação que contribuiu bastante na diagramação e no desenvolvimento do código fonte do software na linguagem de programação JAVA, chamado de Jogo Efeito Fotoelétrico (JEF) (GOMES, 2015).

Para construção do JEF o modelo das telas, a estratégia, o questionário e como o software deveria funcionar foram passados para Gomes(2015) que utilizou para programar a linguagem de programação orientada a objetos Java e API Java 2d (biblioteca de funções para Java). As telas e figuras do JEF foram feitas no Adobe Flash, MS-Paint e MS-Power point. Os detalhes sobre a versão final do JEF estão descritos no capítulo 4 desta dissertação.

Paralelamente aos e-mails necessários para alinhar o desenvolvimento do JEF com a ideia do projeto, pensamos como seria possível medir o grau de motivação do aluno e optamos em construir um questionário baseado no questionário da motivação dos alunos em relação à aprendizagem das ciências.

Após a construção do JEF e a confecção do questionário SMTSL e da estratégia de ensino-aprendizagem, ambos foram apresentados aos docentes

e à direção da escola para a devida autorização da aplicação em uma das turmas da escola. Foi dada uma explicação mais detalhada para a professora de ciências do 9º ano, já que esta é a responsável pela turma. Porém deixamos claro que o foco da pesquisa foi o aluno e não os professores.

Para tanto, a professora de ciências cedeu os 20 minutos iniciais ou finais de suas aulas.

Esta estratégia foi pensada inicialmente para três encontros, sendo cada encontro o correspondente a uma aula de 50 minutos. Contudo, como a aplicação foi realizada na última unidade, a professora de ciências da turma só pode nos ceder os 20 minutos iniciais ou finais da aula, temendo não conseguir finalizar o conteúdo que a mesma havia programado. Sendo assim, a estratégia passou a ter seis encontros de 20 minutos cada.

O Quadro 1 contém um resumo dos encontros e o que foi feito em cada um deles durante a realização da pesquisa

Encontros:	Atividade Desenvolvida
Encontro 01	Explicação sobre as aulas, Termo de compromisso, Pré-teste SMTSL.
Encontro 02	Pré-teste – Efeito fotoelétrico
Encontro 03	Leitura do texto contido no software, com pequenas explicações.
Encontro 04	Jogo na sala de informática (30 min)
Encontro 05	Pós-teste – efeito foto elétrico. Pós-teste SMTSL para casa.
Encontro 06	Entrega do pós-teste SMTSL
Total de tempo – 110 minutos	

Quadro 1: Resumo das atividades durante a pesquisa

No primeiro dia, após a explanação de como seria realizada a pesquisa, 21 alunos levaram para casa e 14 responderam inicialmente ao questionário SMTSL e pudemos notar que a turma não demonstrava muito interesse nem perspectiva quanto à disciplina de ciências.

No segundo encontro, antes que fosse explicada qualquer coisa a respeito do EFE, pedimos que os alunos respondessem a atividade que consta

no aplicativo, porém nesta primeira etapa esta atividade foi entregue na forma impressa. Os alunos ficaram um pouco temerosos em responder, pois disseram que não sabiam nada sobre o assunto. Mas depois de explicar que o objetivo era verificar o que eles sabiam, mesmo nada, inicialmente para que no final soubesse se a aplicação surtiu algum efeito, eles responderam tranquilamente. Em média tiveram 31% de acertos, porém o resultado não foi dito para eles neste momento.

No terceiro encontro, usando o texto que se encontra no software na secção “Aprenda a Teoria” demos uma aula expositiva, que na verdade não passou de uma leitura do texto contido no próprio jogo e logo após foi explicado como funciona o jogo.

No quarto encontro, os alunos foram para a sala de informática e começaram a jogar. Neste encontro levamos 30 minutos ao invés dos 20 minutos dos encontros anteriores. Pedimos que quem terminasse ajudasse ao colega que não tinha terminado, mas apenas explicando, sem jogar pelo outro.

Um dia depois, no quinto, fomos para a sala de informática novamente. Os alunos abriram a secção ATIVIDADE do software educacional e responderam o questionário. O resultado é dado assim que a atividade é finalizada. Quando todos terminaram, dissemos o resultado que eles obtiveram no primeiro teste e entregamos o questionário SMTSL para que respondessem em casa. Totalizando 110 minutos de aplicação.

Uma semana depois, no sexto encontro, buscamos o questionário e agradecemos a turma, direção e funcionários da secretaria da escola que contribuíram bastante.

Feito isso, os dados foram tabelados e analisados para divulgação dos resultados obtidos.

3.4 Avaliação dos Resultados

Os dados obtidos foram analisados em duas etapas:

A primeira foi a comparação do pré-teste com o teste sobre EFE, verificando o número de acertos antes e depois da aplicação do JEF. Estes acertos foram tabelados para cada questão e para cada aluno.

Como o foco da pesquisa é sobre motivação, aplicamos e analisamos as respostas ao questionário SMTSL que foi elaborado baseado no padrão desenvolvido por Tuan, et al. (2005). Foram utilizadas 35 questões sendo 8 negativas e 27 positivas, onde para cada resposta foi atribuída uma pontuação da seguinte maneira:

Se a questão esperava uma resposta positiva para o aluno motivado, 1 ponto para quem respondeu muito pouco, 2 pontos para quem respondeu um pouco, 3 para razoável, 4 para muito e 5 para muitíssimo.

Já para as questões que esperavam uma resposta negativa, o padrão utilizado para pontuar foi quase o mesmo, por exceção apenas do sinal, ou seja: -1 para muito pouco, -5 para muitíssimo. Após a analisar os dados, verificamos o seu grau de confiança e encontramos 0,86.

Para Moreira (2011b), pesquisas na área de interesses, em que os dados são mais flexíveis e mutáveis, correlações da ordem de 0,70 são aceitáveis. Em outras áreas, são esperados valores acima de 0,85.

Segundo Freitas e Gonçalves (2005) teremos um alto grau de confiabilidade de acordo com a classificação do Quadro 2.

Confiabilidade	Muito Baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito Alta
Valor de α	$\alpha \leq 0,30$	$0,30 < \alpha \leq 0,60$	$0,60 < \alpha \leq 0,75$	$0,75 < \alpha \leq 0,90$	$\alpha > 0,90$

Quadro 2: Classificação da confiabilidade a partir do coeficiente alfa de Cronbach.

3.5 Aspectos Éticos

Cumprimos os aspectos éticos da pesquisa conforme a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Aos participantes dessa pesquisa apresentamos os objetivos utilizados, garantimos a liberdade de aceitar ou recusar sua participação, ou até mesmo o direito de suspender a continuidade do teste, mesmo após ter sido iniciada. Foi também assegurado o anonimato, a privacidade e a confidencialidade das informações relatadas, através do uso de letras no lugar dos nomes.

Os compromissos foram explicitados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice I), que lemos e entregamos para os sujeitos durante o convite para a participação da pesquisa.

Pode existir um desconforto inicial em responder questões de assuntos talvez nunca visto e em usar o computador para quem não está acostumado, mas esperamos que ao conhecer mais sobre o assunto essa atividade se torne prazerosa e o estudante se motive a buscar mais conhecimento científico.

Contudo, foi comunicado que caso existisse algum tipo de constrangimento, a pesquisa seria interrompida imediatamente, sem que eles sofressem qualquer tipo de penalização ou prejuízo por isso.

4 Estratégia de ensino-aprendizagem usando o JEF

Inicialmente abordaremos a versão mais recente do JEF, explicando com detalhes cada uma das suas funções (seção 4.1); já na (seção 4.2) descrevemos a estratégia de ensino-aprendizagem aplicada e deixamos como sugestão para que outros professores possam aplicá-la em suas aulas. Esta estratégia, também pode ser consultada no manual “*Estratégia de ensino-aprendizagem usando o JEF*” que é o produto para ser disponibilizado para os professores, além do próprio JEF. O jogo pode ser baixado gratuitamente no endereço online <http://dfis.uefs.br/download/EFE.rar>.

4.1 JEF: Jogo efeito fotoelétrico

O JEF teve ajuda na programação pelo então formando em engenharia de computação Gomes (2015) e é composto de um jogo, um resumo introdutório e teórico sobre o EFE que se encontra na seção “Aprenda a Teoria”, um tutorial onde podemos ver os principais comandos do jogo, além das seções “Créditos” em que constam os nomes dos responsáveis pelo software e “Atividade” que contém um questionário de múltipla escolha sobre o assunto.



Figura 11: Tela inicial do JEF

4.1.1 Aprenda a teoria

Ao clicar em “Aprenda a Teoria” o aluno terá acesso a um texto que trata de conceitos básicos sobre o EFE que deve ser lido juntamente com o professor para que este dê explicações mais detalhadas.

O EFEITO FOTOELÉTRICO

1. Abordagem histórica

O Efeito Fotoelétrico ocorre quando luz de determinada frequência incide numa superfície de metal e faz com que elétrons sejam ejetados da superfície.

Este efeito foi observado em 1887 por Heinrich Hertz em uma de suas experiências que confirmou a existência de ondas eletromagnéticas.

Em 1905 Einstein explicou devidamente este efeito e com isso ganhou o Prêmio Nobel.

2. Hipótese de Einstein

A hipótese, que na verdade foi formulada por Max Planck para resolver o problema da radiação de corpo negro, foi que as partículas da superfície de um oscilador eletromagnético somente podem absorver e emitir energia em múltiplos de $h\nu$, onde h é um número chamado de constante de Planck e ν é a frequência do fóton.

Einstein interpretou que a luz era um sistema formado por quantidades discretas (pacotes) de energia, como se fosse uma partícula. Os cientistas da época não aceitaram a ideia, pois ia de encontro à teoria da luz como uma onda. Então ele encontrou o efeito fotoelétrico, que poderia apoiar sua teoria e chamou de quanta estes pacotes de luz.

3. Função Trabalho

Na teoria de Einstein para o efeito fotoelétrico, toda a energia dos quanta de luz ou quantum de energia é transferida a um único elétron do metal e quando este sai da superfície do metal, terá uma energia cinética dada por:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = hv - e\phi,$$

onde o termo $e\phi$ é a correção da energia necessária para liberar o elétron da superfície metálica, ϕ é chamada de “função trabalho”, ou seja, sempre que $hv > e\phi$ será possível a emissão de fotoelétrons da superfície do metal. A função trabalho é característica de cada metal irradiado.

De acordo com Érica Polycarpo e Marta Barroso, só em 1926, que os quanta de luz passaram a ser chamados também de fótons, por G. N. Lewis.

A intensidade da luz é proporcional à energia total que transporta e, por conseguinte, ao número de fótons, o que explica por que a fotocorrente é diretamente proporcional à intensidade da luz (LEWIS, 1926).

4. Frequência e Comprimento de onda de Corte

A função trabalho ϕ quase sempre não é conhecida, mas nós podemos obtê-la quando fazemos $h\nu_0 = e\phi$; a grandeza ν_0 é a frequência mínima que necessitamos para que haja ejeção de elétrons da superfície metálica e nós a chamamos de frequência de corte.

O comprimento de onda de corte e a frequência de corte estão relacionados pela equação $c = \lambda\nu$; onde c é a velocidade da onda eletromagnética. Daí podemos determinar o comprimento de onda de corte, sabendo qual é a frequência de corte.

Sabendo as cores da luz visível é possível comparar qualitativamente a frequência entre estas duas cores, pois a cor está diretamente ligada à frequência da luz. Em ordem crescente de frequência temos: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta.

Com isso, é mais fácil arrancar elétrons de um metal usando a luz violeta, por esta possuir quanta de luz com mais energia que as outras.

5. Potencial de frenagem

Resultados de uma experiência mostra que para um dado material do catodo e uma frequência da luz fixa, os elétrons que chegam ao anodo

correspondem a uma corrente fotoelétrica. Se aumentarmos a tensão (voltagem) com uma diferença de potencial positiva, a fotocorrente pode aumentar um pouco, mas logo chega a um limite chamado de corrente de saturação.

Agora se invertermos a polaridade da voltagem, para frear os elétrons ao invés de acelerar, a fotocorrente vai diminuindo até zerar. O módulo da tensão que obtemos a fotocorrente nula é chamado de POTENCIAL DE FRENAGEM ou POTENCIAL DE FREAMENTO (V_f).

O potencial de frenagem é uma característica do material e aumenta com o aumento da frequência. Para um mesmo material e mesma frequência da luz, o potencial de frenagem não depende da intensidade da luz, ou seja, continua o mesmo, o que aumenta é somente a corrente de saturação.

6. Aplicações

O efeito foto elétrico está presente na nossa vida e é amplamente utilizado para tornar nosso dia a dia mais confortável.

Nussenzveig, (1998, v.4 p.249) diz que

As fotocélulas, que tem inúmeras aplicações práticas (fotômetros, controle de portas de elevadores,...), empregam o efeito fotoelétrico para converter um sinal luminoso numa corrente elétrica.

4.1.2 O Jogo

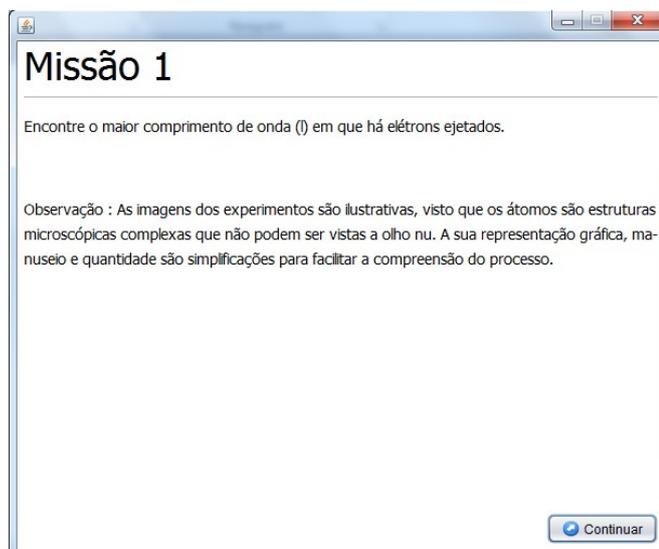


Figura 12: Tela da primeira missão

Clicando em continuar, a tela principal do jogo é mostrada (Fig.13). O aluno deve mover a seta que modifica a frequência/comprimento de onda e a seta que modifica a intensidade da luz (dada em porcentagem) até que a missão seja cumprida. Quando isso acontecer, deve-se clicar no botão OK. Caso o aluno responda errado, a mensagem “Tente Novamente, Você Quase Acertou !!!” será exibida. Caso o aluno acerte, será exibida a mensagem: “Parabéns, Você Acertou !!! “ e o aluno será encaminhado para a próxima fase. Cada missão é composta de 3 fases.



Figura 13: Tela principal do jogo

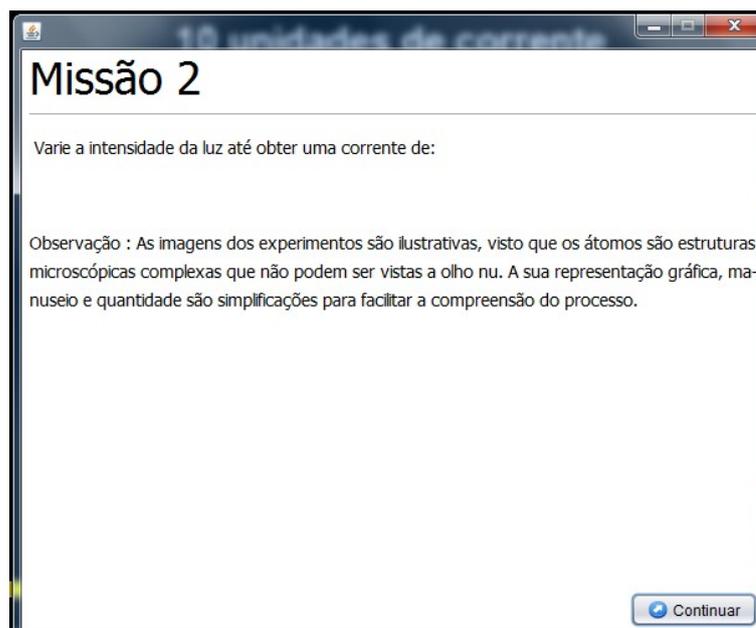


Figura 14: Tela da segunda missão

Nesta segunda missão (Fig. 14), é solicitado ao aluno que obtenha uma determinada corrente elétrica em cada uma das três fases da missão.



Figura 15: Primeira fase da segunda missão

É importante observar que na primeira missão, existem vários valores da intensidade em que é possível obter a resposta correta, mas apenas um valor para a frequência/comprimento de onda. Já na segunda missão, ocorre o

inverso. Existem vários valores para a frequência\comprimento de onda, mas apenas um valor para a intensidade em que é possível passar de fase.

Já na terceira missão, o botão da bateria é desbloqueado e o aluno deve encontrar o potencial de frenagem.

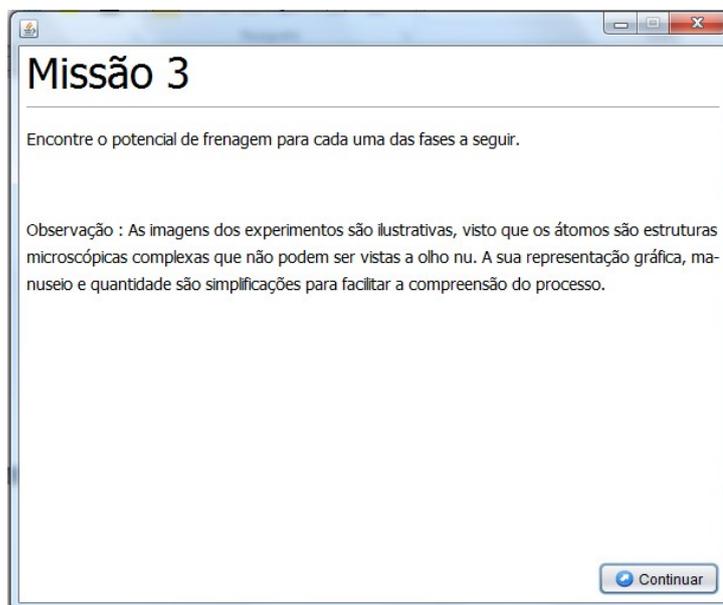


Figura 16: Tela da terceira missão

Nesta missão, o aluno deve variar a tensão na bateria até verificar que os elétrons são desacelerados a ponto de realizar o caminho inverso.

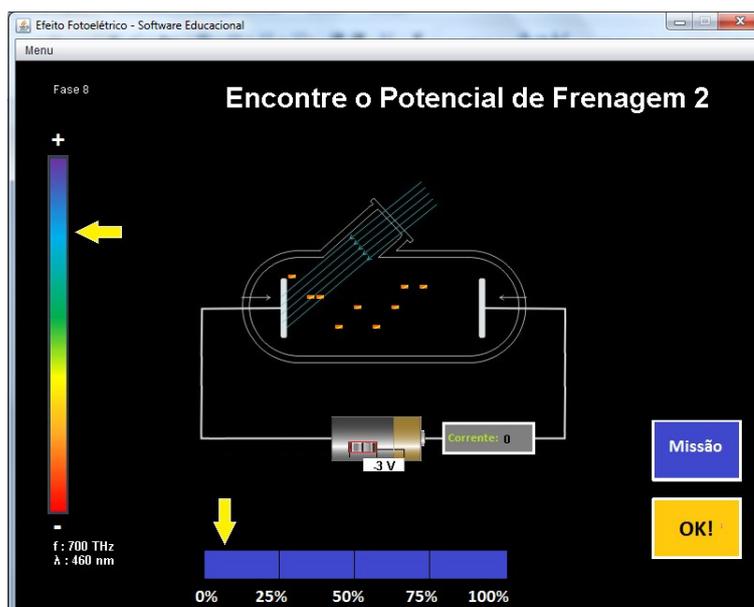


Figura 17: Segunda fase da 3 missão

Ao concluir as missões, é exibida a tela:

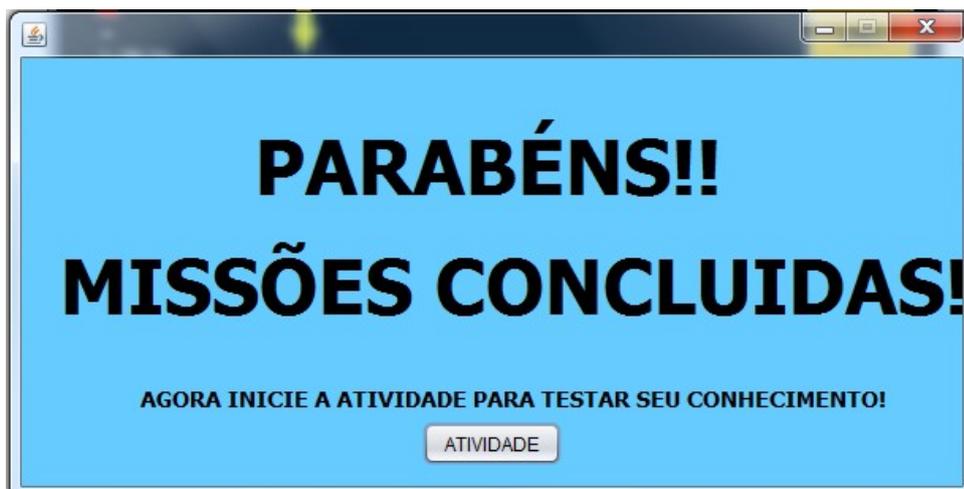


Figura 18: Tela final do jogo

Finalmente, o aluno é encaminhado para realizar as atividades.

4.1.3 A Atividade

A seção “Atividade” é composta de oito perguntas de múltipla escolha. As questões foram pensadas para verificar o aprendizado de conceitos básicos sobre o EFE. A seguir iremos descrever o que se espera de cada uma das questões. As alternativas destacadas correspondem à resposta correta.

A primeira questão é:

- 1) Para que haja fotoelétrons ejetados podemos tentar:
 - a) Diminuir a frequência da luz.
 - b) Aumentar a frequência da luz.**
 - c) Apagar a luz.
 - d) Esquecer da luz

Nesta questão, o aluno deve demonstrar que compreendeu a dependência de uma determinada frequência para que possa haver elétrons ejetados.

Já a segunda questão:

2) Para que haja fotoelétrons ejetados podemos tentar:

- a) Diminuir o comprimento de onda da luz.
- b) Aumentar o comprimento de onda da luz.
- c) Acabar com o comprimento de onda da luz.
- d) Esquecer do comprimento de onda da luz.

O aluno deve demonstrar não só que compreendeu a dependência do valor do comprimento de onda para que possa haver elétrons ejetados, como também deverá perceber que enquanto a frequência aumenta, o comprimento de onda diminui.

A terceira questão:

3) Se aumentarmos a frequência da luz.

- a) Acaba com o comprimento de onda da luz.
- b) Aumenta o comprimento de onda da luz.
- c) Diminui o comprimento de onda da luz.
- d) Nada acontece com o comprimento de onda da luz.

O aluno deve demonstrar que percebeu que enquanto a frequência aumenta, o comprimento de onda diminui.

Na questão quatro:

4) Para cada tipo de metal diferente.

- a) A frequência mínima para que haja fotoelétrons é a mesma.
- b) Nada influencia no comprimento de onda de corte.
- c) Nada influencia no efeito fotoelétrico.
- d) Existe uma frequência mínima para que haja fotoelétrons.

Correspondente à primeira missão, o aluno deve perceber que para cada fase desta primeira missão, os metais eram diferentes e para cada tipo diferente de metal a frequência mínima para que os elétrons fossem ejetados eram diferentes.

A quinta questão:

- 5) Diminuindo a intensidade da luz emitida.
- a) Diminui a frequência mínima para que haja fotoelétrons.
 - b) Diminui a intensidade da corrente fotoelétrica.**
 - c) Aumenta a intensidade da corrente fotoelétrica.
 - d) Nada influencia no efeito fotoelétrico.

Nesta questão é possível perceber se o aluno notou a diminuição da corrente fotoelétrica quando a intensidade da luz diminui, chegando a uma corrente zero quando não há intensidade da luz.

A questão de número seis:

- 6) O efeito fotoelétrico foi explicado por:
- a) Albert Einstein**
 - b) Isaac Newton
 - c) Stephen Hawking
 - d) Thomas Edson

Esta questão foi elaborada para que o aluno demonstrar conhecer um pouco da parte histórica, percebendo que a ciência é construída pelo ser humano.

A penúltima questão:

- 7) A intensidade da corrente.
- a) Pode variar com a mudança da frequência da luz.**
 - b) Sempre varia com a mudança na tensão da bateria.

- c) Aumenta com o aumento do comprimento de onda.
- d) Não varia com mudança na intensidade da luz.

Mostra se o aluno não confunde as grandezas que podem influenciar na intensidade da corrente fotoelétrica.

Na última questão:

8) O efeito fotoelétrico é normalmente usado em:

- a) nas portas de elevadores
- b) nas tintas de carro
- c) nas baterias de celular
- d) nas telas de TV

Pretendemos observar se o aluno conhece uma das aplicações do EFE.

4.2 Estratégia de ensino-aprendizagem

Objetivo: Facilitar o aprendizado de conceitos básicos do efeito fotoelétrico de forma motivadora com o uso de um objeto de aprendizagem JEF no ensino fundamental.

Estratégia:

1. Abordagem inicial e situação problema: o professor da turma solicita aos alunos que respondam o questionário contido no jogo (Apêndice V), porém este questionário deve ser entregue na forma impressa para que os alunos não tenham contato com as demais seções do JEF.

Após 20 minutos, o professor recolhe o questionário e incentiva aos alunos a falar sobre o que sabem ou o que acham sobre o efeito fotoelétrico. A discussão deve durar em torno de 20 minutos.

Nos 10 minutos finais da primeira aula, o professor fará a leitura, juntamente com os alunos, da apostila contida no JEF na seção teoria (Capítulo 4.1.1).

2. Aprofundando o conhecimento: Deve-se explicar com mais detalhes os conceitos básicos sobre o efeito fotoelétrico contidos na apostila e convidar os alunos a jogar o JEF. O professor deve orientar aos alunos quanto aos comandos do jogo, dizendo para que serve cada um dos comandos. Após a explicação, os alunos devem tentar cumprir as missões.

Caso algum aluno tenha muita dificuldade em concluir as missões, solicita-se a outro aluno com mais facilidade que oriente o colega. Em última hipótese, o professor fará a orientação diretamente. Esta etapa deve durar uma aula de 50 minutos.

3. Avaliação: Disponibiliza-se 10 minutos para que o aluno responda a seção atividade do JEF e após realiza-se uma avaliação individual escrita através de questões abertas sobre os conceitos básicos do efeito foto elétrico em 30 minutos.
4. Total de aulas: 3 horas/aula (150 minutos)

5 Resultados e Discussões

A sequência didática usando a estratégia de ensino aprendizagem descrita na seção anterior foi aplicada e os acertos obtidos pelos estudantes por questões, depois das análises dos resultados dos questionários são mostrados na Figura 19.

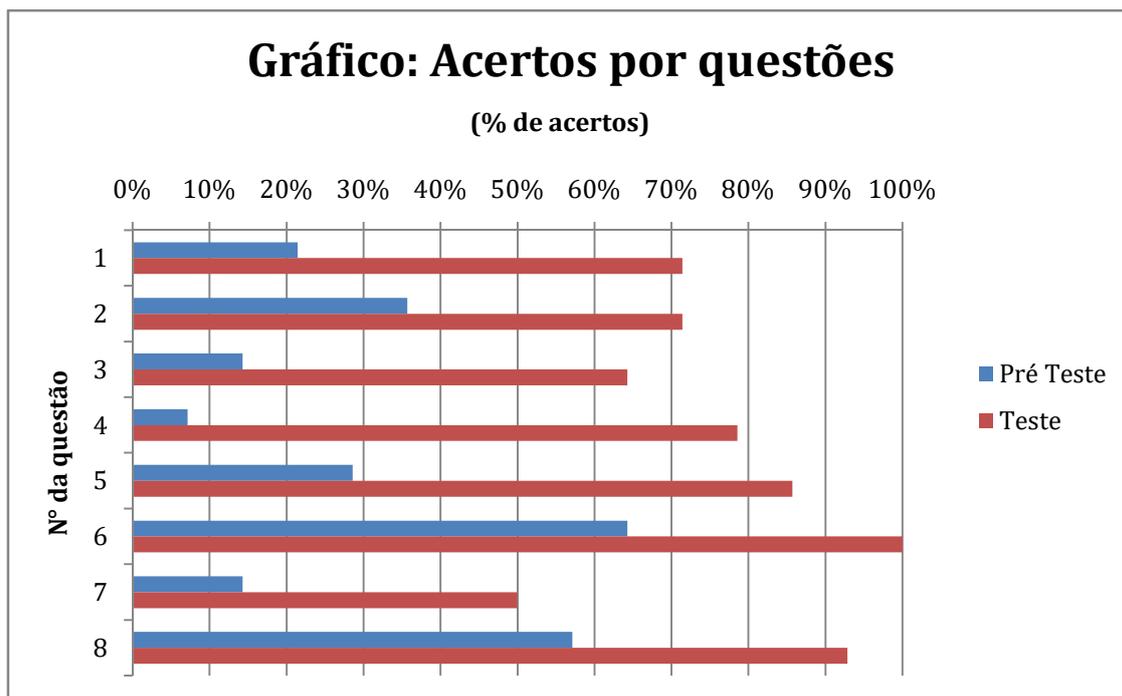


Figura 19: Porcentagens de acertos por questão aplicada.

Na Figura 19 podemos observar que na 1ª questão, 3 alunos (21,4%) responderam corretamente e 11 alunos (78,6%) erraram na primeira vez, passando para 10 acertos (71,4%) e apenas 4 erros (28,6%) ao realizar a atividade no final da pesquisa. Já na 2ª questão, 5 alunos (35,7%) acertaram e 9 alunos (64,3%) erraram na primeira vez, passando para 10 acertos (71,4%) e apenas 4 erros (28,6%) no final da pesquisa. Na próxima questão, 2 alunos (14,3%) responderam certo e 12 alunos (85,7%) responderam errado na primeira vez, passando para 9 acertos (64,3%) e apenas 5 erros (35,7%) no final da pesquisa. Analisando a 4ª questão, podemos ver que 1 aluno (7,1%) respondeu corretamente e 13 alunos (92,9%) responderam errado na primeira vez, passando para 11 acertos (78,6%) e apenas 3 erros (21,4%) no final da

pesquisa. Na 5ª questão, 4 alunos (28,6%) responderam certo e 10 alunos (71,4%) responderam errado na primeira vez, passando para 12 acertos (85,7%) e apenas 2 erros (14,3%) ao término do trabalho.

Continuando com análises podemos observar na mesma Figura 19, que na 6ª questão, 9 alunos (64,3%) obtiveram êxito e 5 alunos (35,7%) erraram na primeira vez, passando para 14 acertos (100%) e obtendo-se 0% de erros no final da aplicação do OA. Na penúltima questão, 2 alunos (14,3%) responderam corretamente e 12 alunos (85,7%) responderam errado na primeira vez, passando para 7 acertos (50%) e apenas 7 erros (50%) ao término da aplicação do OA. Na última questão, 8 alunos (57,1%) responderam corretamente e 6 alunos (42,9%) responderam errado na primeira vez, passando para 13 acertos (92,9%) e apenas 1 erro (7,1%) no final da aplicação da sequência didática.

Se fizermos a diferença entre a porcentagem de acertos no teste e no pré-teste para cada questão e depois tirarmos a média dessas diferenças, podemos verificar que, em média, tivemos um aumento no número de acertos de 46%, o que pode significar que a estratégia de ensino-aprendizagem aplicada gerou um certo nível de aprendizagem dos assuntos abordados na apresentação do OA nos estudantes do 9º ano do ensino fundamental.

No Quadro 3 temos as respostas de cada um dos alunos, identificados pelas letras de A até N, para cada uma das questões do questionário sobre o EFE.

Dados da atividade do jogo		Legenda: P = resposta no pré-teste T = resposta no Pós-teste														Os alunos foram identificados por letras	
Aluno ==>		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
Questão 1	a	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	b	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	c	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	d	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
Questão 2	a	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	b	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	c	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	d	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
Questão 3	a	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	b	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	c	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	d	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
Questão 4	a	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	b	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	c	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	d	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
Questão 5	a	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	b	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	c	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	d	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
Questão 6	a	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	b	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	c	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	d	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
Questão 7	a	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	b	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	c	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	d	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
Questão 8	a	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	b	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	c	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
	d	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
nº acertos		5	7	3	7	2	6	1	5	1	7	4	6	2	5	3	8
% acertos		63%	88%	38%	88%	25%	75%	13%	63%	13%	88%	50%	75%	25%	63%	38%	100%

Quadro 3: Respostas dos alunos para cada questão | Questionário EFE

As respostas estão identificadas com a letra P para o pré-teste e a letra T para o teste. Ainda no Quadro 3, nas últimas duas linhas, temos o número e a porcentagem de acertos para cada estudante.

Podemos também verificar que o aumento do número de acertos nas questões sobre EFE ocorreu para todos os alunos pesquisados, que estão indicados no gráfico pelas letras de **A** até **N** (ver Figura 20).

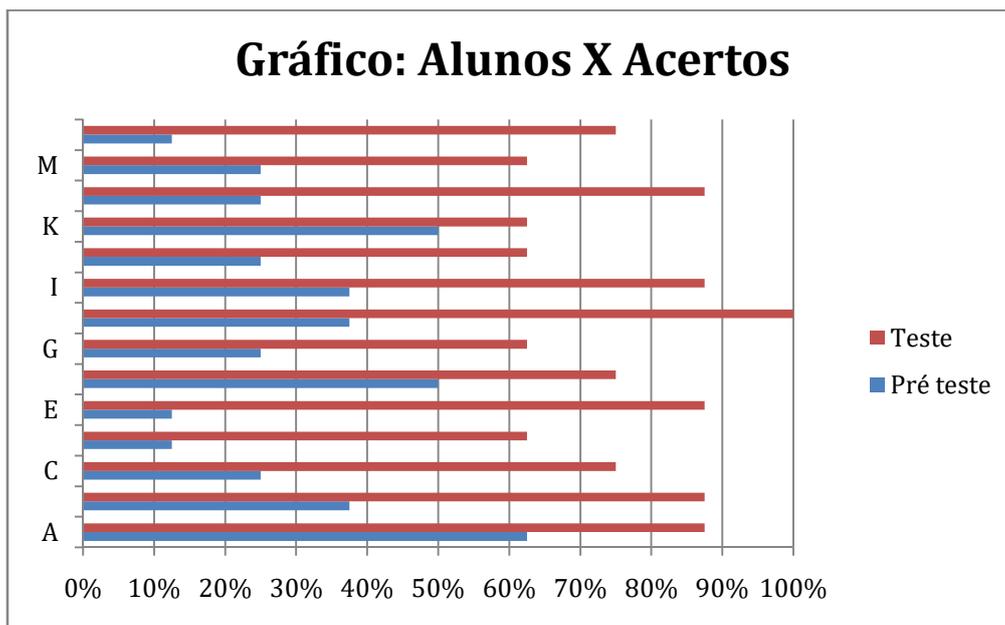


Figura 20: Porcentagem de acertos por aluno

Também foram analisadas as respostas ao questionário SMTSL que foi elaborado baseado no padrão desenvolvido por Tuan, et al.(2005). Foram utilizadas 35 questões sendo 8 negativas e 27 positivas, onde para cada resposta foi atribuída uma pontuação da seguinte maneira:

Se a questão esperava uma resposta positiva para o aluno motivado, 1 ponto para quem respondeu muito pouco, 2 pontos para quem respondeu um pouco, 3 para razoável, 4 para muito e 5 para muitíssimo. Já para as questões que esperavam uma resposta negativa, o padrão utilizado para pontuar foi quase o mesmo, por exceção apenas do sinal, ou seja: -1 para muito pouco, -5 para muitíssimo.

O total de pontos por aluno antes e depois da aplicação do software é mostrado no Quadro 4.

Aluno	Total de pontos por aluno	
	Antes do software	Depois do software
A	50	73
B	25	62
C	35	62
D	50	79
E	40	59
F	38	59
G	37	53
H	46	61
I	50	75
J	51	62
K	45	56
L	54	62
M	50	65
N	41	63

Quadro 4: Total de pontos no questionário SMTSL

Na Figura 21, podemos constatar que houve um aumento na pontuação de todos os estudantes que participaram da pesquisa.

A pontuação máxima que poderia ser obtida nesse questionário era de 127 pontos enquanto a pontuação mínima era de 13 negativos. Percebemos que apesar de estar longe dos 127 pontos que significaria totalmente motivado ultrapassamos o esperado que era um aumento na média do índice de motivação indicado pelo questionário. Isso mostra que o objetivo de motivar o estudante foi alcançado.

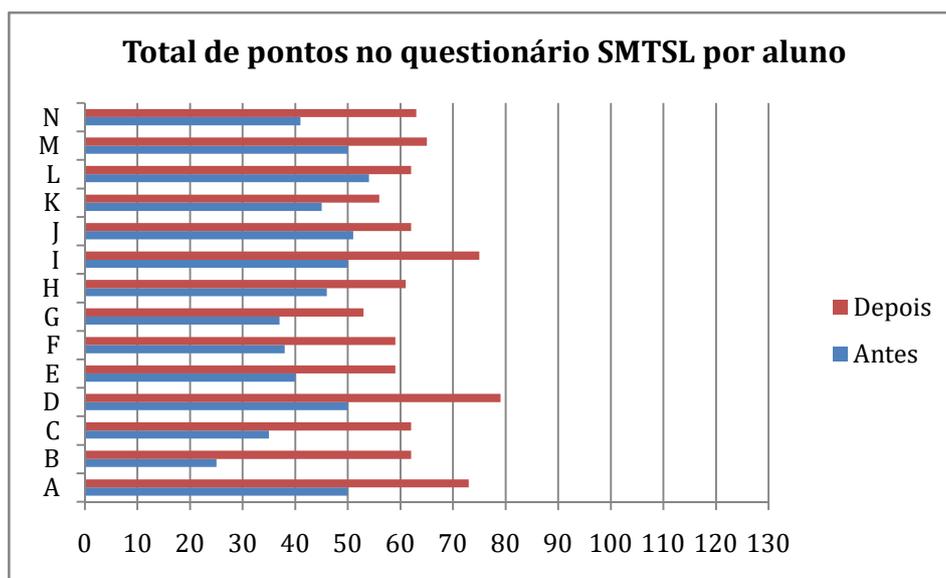


Figura 21: Gráfico do total de pontos no questionário SMTSL por aluno

Para reforçar a confiabilidade do questionário, foi calculado o alfa de Cronbach (Apêndice IV) referente aos dados obtidos pelo questionário e encontramos 0,86. O que para Moreira (2011b), é um valor satisfatório, já que, nas áreas mais exigentes, são esperados valores acima de 0,85.

Segundo Freitas e Gonçalves (2005) teremos uma confiabilidade alta no questionário aplicado.

Das análises dos resultados podemos inferir que o JEF, mostrou-se viável para o ensino da Física Moderna. Ao mesmo tempo que a Figura 21 mostra que o JEF teve uma influência na motivação dos estudantes a participar das aulas de física deixando de ser um mero espectador e passando a ser um elemento participativo das aulas de Física (ciências).

6 Conclusões

Os objetos virtuais de aprendizagem, como as simulações interativas aqui discutidas, usados como recurso pedagógico prometem crescer rapidamente com o passar do tempo. A presente geração de alunos já está sendo formada em um ambiente totalmente permeado pela informática, de modo que essa tecnologia educacional tende a ser bem recebida. Tendo os OA disponíveis na Internet, os alunos podem continuar investigando um problema fora da sala de aula. Também no ensino a distância, os OA constituem ferramenta muito importante para o aprendizado.

Das análises dos resultados obtidos podemos afirmar que encontramos um aumento no número de acertos ($> 46\%$) das questões avaliadas, o que pode significar que a estratégia de ensino-aprendizagem aplicada gerou um certo nível de aprendizagem dos assuntos abordados na aplicação do OA nos estudantes do 9 ano do ensino fundamental.

Após aplicação do questionário para avaliação quantitativa da motivação para estudar ciências física, encontramos um aumento na média do índice de motivação indicado pelo questionário, após aplicação do OA (Fig. 22). Isso mostra que o objetivo de motivar o estudante foi alcançado. Podemos destacar que o JEF se mostrou importante para a motivação dos alunos do ensino fundamental por permitir a participação direta do estudante no processo de ensino-aprendizagem e por diversificar a forma de ensino, utilizando jogos para computador e fugindo do tradicional. O coeficiente alfa de Cronbach deu um valor de 0,86, mostrando um valor elevado de confiabilidade dos dados dos questionários aplicados.

Os sujeitos participantes da pesquisa foram beneficiados principalmente pela contribuição do JEF como motivador, demonstrando que é possível levar um tema complexo, como a Física Quântica, para ser abordado no Ensino Fundamental. Outra contribuição será a disponibilização de um OA educacional gratuito para os professores e estudantes, ou para quem desejar obter.

Além de a pesquisa contribuir com os sujeitos participantes, a pesquisa contribui também para a sociedade, pois lança mais uma nova possibilidade para auxiliar os professores no processo de ensino-aprendizagem dos

conteúdos da Física Quântica. Isto porque, por se tratar de um *software* que tem como finalidade ser utilizado no âmbito acadêmico, é um *software* inteiramente gratuito e que será disponibilizado para aqueles que desejarem obtê-lo.

Para trabalhos futuros, pretende-se incluir no jogo um botão “*Dica*” que levará o jogador a um pequeno texto explicativo contendo além de dicas sobre a atual fase do jogo em que ele se encontra, também um pouco mais de conteúdo sobre o assunto a ser aprendido. Também pretendemos aproveitar parte do que já foi feito para transformar o código do JEF para uma linguagem que seja possível utilizá-lo em dispositivos móveis com os sistemas operacionais Android ou IOS. Além disso, com mais tempo disponível, é possível incluir sons e mais fases no JEF de modo a torná-lo mais interessante e abordar mais conceitos sobre o efeito fotoelétrico.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA BRASIL. **Quase 40% dos professores no Brasil não tem formação adequada.** 2016. Disponível em: <<http://m.agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2016-03/quase-40-dos-professores-no-brasil-nao-tem-formacao-adequada>>. Acesso em março de 2016.

AMBIENTE EDUCAÇÃO – física cotidiano. **Jogo efeito fotoelétrico.** 2015. <http://ambiente.educacao.ba.gov.br/fisicaecotidiano/conteudos/view/efeito-o-fotoeletrico_view.html>. Acesso em dezembro de 2015

ANTUNES DE MACÊDO, J. A. G.; DICKMAN, I. S. F. Andrade. **Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de eletricidade.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. Especial 1: p. 562-613, 2012.

BASTOS, Paulo Marcos Santiago. **O ensino de física na rede pública da Bahia.** *Caderno de Física Uefs*, 08 (01 e 02), p. 81-89, 2010.

BRUMFIELD, Robert. **Computer simulation is ‘making history’.** *eSchool News: Daily Tech news & Innovation*, 2005. Disponível em: <<http://www.eschoolnews.com/2005/09/06/computer-simulation-is-making-history/>> Acesso em janeiro de 2015.

COMPADRE. **Resources and Services for Physics Education,** 2016. Disponível em: <www.compadre.org>. Acesso em janeiro de 2016.

CRONBACH, Lee J. **Test “reliability”: Its meaning and determination.** *Psychometrika*, v. 12, No. 1, p. 1-16, 1947.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. **The “what” and “why” of goal pursuits: human needs and selfdetermination of behavior.** *Psychological Inquiry*, v. 11, n. 4, p. 227-268, 2000.

DORNELES, Pedro Fernando Teixeira. **Integração entre as Atividades Computacionais e Experimentais como Recurso Instrucional no Ensino de Eletromagnetismo em Física Geral.** Tese de Doutorado em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010; P.F.T. Dorneles, E.A. Veit e M.A. Moreira, in: Anais do GIREP (Cyprus, Nicosia, 2008).

FAGUNDES DE SOUZA, Tadeu Clair; HEINECK, Renato. **Pesquisando os diferentes métodos avaliativos da aprendizagem e o emprego de seus recursos didáticos na perspectiva dos educadores de física**. Experiências em Ensino de Ciências, V1(2), pp. 01-09, 2006.

FARIA, W. de. **Aprendizagem e planejamento de ensino**. São Paulo: Ática, 1989.

FREITAS, André Luis Policani; GONÇALVES, Sidilene. **A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach**. XII SIMPEP, p.4. Bauru, SP, 2005.

GOMES, Kaio Oliveira. **JEF: Um objeto de aprendizagem voltado para os estudantes do ensino fundamental para potencializar a aprendizagem do efeito fotoelétrico**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2015.

GOODE, W. J. & HATT, P. K. **Métodos em Pesquisa Social**. 3ªed., São Paulo: Cia Editora Nacional, 1969.

GRECA, Ileana Maria. **Construindo significados em mecânica quântica: resultados de uma proposta didática aplicada a estudantes de física geral**. 2000. 248f, Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GREDLER, Margaret. **Designing and Evaluating Games and Simulations - a Process Approach**, London, Kogan Page, 1992.

GUIMARÃES, Sueli Édi Rufini; BORUCHOVITCH, Evely. **O estilo motivacional do professor e a motivação intrínseca dos estudantes: uma perspectiva da teoria da autodeterminação**. Psicologia: Reflexão e Crítica, v. 17, n. 2, p. 143-150, 2004.

HERTEL, John P.; MILLIS, Barbara J. **Using simulations to promote learning in higher education: An introduction**. Stylus Publishing, LLC, 2002.

KIRKLEY, Sonny E.; KIRKLEY, Jamie R. **Creating next generation blended learning environments using mixed reality, video games and simulations**. TechTrends, v. 49, n. 3, p. 42-53, 2005.

KLAJN, Susana. **Física: a vilã da escola**. Universidade de Passo Fundo, UPF Editora, 2002.

LEWIS, Gilbert N. **Carta ao editor da revista**. Nature, vol.118, Part2, página 874-875, 18 de dezembro de 1926.

LIKERT, Rensis. **A Technique for the measurement of attitudes**. Archives of psychology, v22.P5-55. New York, 1932.

LOBATO, Teresa; GRECA, Ileana María. **Análise da inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física do Ensino Médio**. Ciência & Educação, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.

LOPES, M. da G. **Jogos na Educação: criar, fazer e jogar**. 4º Edição revista, São Paulo: Cortez, 2001.

MACHADO, Daniel Iria; NARDI, Roberto. **Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna**. REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias, v. 6, n. 1, p. 6, 2007. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>. Acesso em: junho 2015.

MARTINELLI, Selma de C.; BARTHOLOMEU, Daniel. **Escala de motivação acadêmica: uma medida de motivação extrínseca e intrínseca**. Avaliação Psicológica, v. 6, n. 1, p. 21-31, 2007.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. 2 ed. São Paulo. EPU, 2011a

MOREIRA, Marco Antônio. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo. LF, 2011b.

MOREIRA M; MASINI, E. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo, 1982.

MOTA, L. M. **As controvérsias sobre a interpretação da mecânica quântica e a formação dos licenciados em Física (um estudo em duas instituições: UFBA e UFSC)**. 2000. 176f. 2000. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Educação)–Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

NARDI, Roberto. **Pesquisas em ensino de física**. Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda., 1998.

NEUMANN, Rodrigo; BARROSO, Marta F. **Simulações Computacionais e Animações no Ensino de Oscilações**. Trabalho apresentado no XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005.

NIGHTINGALE, J. **What is creativity: Thinking simple is the answer: New technology enables children to learn in different and innovative ways**. The Guardian, London, Final Edition, p. 3, 2006

NUSSENZVEIG, H. M. **Física Básica**. 1ª. ed. São Paulo: Blucher, v. 4, 1998.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física**. 1999. 433f. 1999. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciências)-Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”**. Investigações em ensino de ciências, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000. . Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>. Acesso em: junho de 2015.

OSTERMANN, Fernanda; RICCI, Trieste. **Construindo uma unidade didática conceitual sobre Mecânica Quântica: um estudo na formação de professores de Física**. Ciência & Educação, v. 10, n. 2, p. 235-257, 2004.

PHET. **Interactivesimulations for scienceandmath**, 2016. Disponível em: <<http://phet.colorado.edu>>. Acesso em janeiro de 2016.

PROATIVA. **Grupo de Pesquisa e Produção de Ambientes Interativos e Objetos de Aprendizagem**. Pato quântico, 2015. Disponível em: <<http://www.proativa.vdl.ufc.br/oa/pato/pato.html>>. Acesso em dezembro de 2015.

RCRRODRIGUES. **Teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel**, 2015. Disponível em: <<https://rcrrodrigues.wordpress.com/author/rcrrodrigues/>>. Acesso em dezembro de 2015.

REZENDE JR, M. F. **O Processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de Física.** Florianópolis. UFSC. Tese de doutorado, 2006.

REZENDE JR, M. F.; CRUZ, Frederico F. de Souza. **Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas.** *Ciência & Educação*, v. 15, n. 2, p. 305-321, 2009.

SEVINC, Betul; OZMEN, Haluk; YIGIT, Nevzat. **Investigation of Primary Students' Motivation Levels towards Science Learning.** *Science Education International*, v. 22, n. 3, p. 218-232, 2011.

STRASBURGER, Victor C; HOGAN, M.J. **Children, adolescents, and the media.** *Pediatrics*, v. 132, n. 5, p. 958-961, 2013.

TAROUCO, L.M.R.; et all. **Projeto CESTA – Coletânea de Entidades de Suporte ao uso de Tecnologia na Aprendizagem.** Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.cinted.ufrgs.br/CESTA>>. Acesso em: Dezembro de 2015

TAROUCO, L.M.R.; et all. **Objetos de aprendizagem para M-learning.** CINTED. SUCESU-congresso nacional de Tecnologia da informação e comunicação, Florianópolis, 2004.

TECH-JAVA. **Vida digital**, 2016. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2014/11/java-entenda-para-que-serve-o-software-e-os-problemas-da-sua-ausencia.html>>. Acesso em dezembro de 2015

TORRE, J.C. **Apresentação: a motivação para a aprendizagem.** In: TAPIA, J. A.; FITA, E.C. *A motivação em sala de aula: o que é, como se faz.* 4ed, p.7-10, 1999.

TUAN, Hsiao-Lin. Et .al. **The development of a questionnaire to measure student's motivation towards science learning.** *International Journal of science education*, 2005.

WILEY, D.A. **The Instructional use of Learning Objects**, 2000.

Wolfgang Demtröder. **Atoms, Molecules and Photons.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. 10.1007/978-3-642-10298-1

Apêndice I: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa: **Construção de um jogo para computador sobre o efeito fotoelétrico e aplicação no 9º ano do Ensino Fundamental como motivador para o aprendizado de Ciências.**

A JUSTIFICATIVA, OS OBJETIVOS E OS PROCEDIMENTOS: **O motivo que nos leva a estudar o assunto é uma tentativa de tornar as aulas teóricas um pouco mais atraentes, e tratar de conteúdos de Física mais atuais do que os normalmente ensinados, a pesquisa se justifica pela desatualização dos conteúdos que são passados muitas vezes de maneira descontextualizada fazendo que o aluno ache que aprender física é apenas decorar fórmulas. O objetivo desse projeto é que o aluno aprenda conceitos básicos e qualitativos sobre o efeito fotoelétrico e se sinta motivado em continuar aprendendo física. Os procedimentos de coleta de dados serão da seguinte forma: O estudante responderá um questionário inicial, logo após será dada uma explicação sobre o conteúdo a ser estudado (Efeito Fotoelétrico) e sobre o jogo. O aluno será convidado a jogar e ao término, responder uma avaliação no próprio jogo. Para finalizar haverá um último questionário.**

DESCONFORTOS E RISCOS E BENEFÍCIOS: Pode existir um desconforto inicial em responder questões de assuntos talvez nunca visto e em usar o computador para quem não está acostumado, mas esperamos que ao conhecer mais sobre o assunto essa atividade se torne prazerosa e o estudante se motive a buscar mais conhecimento científico.

FORMA DE ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA: Durante todo o processo, o pesquisador estará em sala de aula para que possa sanar todas as dúvidas, e aos que desejarem usar o aplicativo fora da escola, será fornecido um endereço de e-mail para que as dúvidas sejam enviadas.

GARANTIA DE ESCLARECIMENTO, LIBERDADE DE RECUSA E GARANTIA DE SIGILO: Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa será enviado para escola. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada no Curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física do Departamento de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana e outra será fornecida a você.

CUSTOS DA PARTICIPAÇÃO, RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO POR EVENTUAIS DANOS: A participação no estudo não acarretará custos para você e não será disponível nenhuma compensação financeira adicional. No caso você sofrer algum dano decorrente dessa pesquisa não existe nenhuma compensação nem seguro.

DECLARAÇÃO DA PARTICIPANTE OU DO RESPONSÁVEL PELA PARTICIPANTE: Eu, _____ fui informada (o) dos objetivos da pesquisa acima de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e mudar minha decisão se assim o desejar. O professor ALEXANDRE DA SILVA SANTOS certificou-me de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais.

Também sei que caso existam gastos adicionais, estes serão absorvidos pelo orçamento da pesquisa. Em caso de dúvidas poderei chamar o professor pesquisador ALEXANDRE DA SILVA SANTOS no telefone (71) 9648-1456.

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Nome	Assinatura do Participante	Data
Nome	Assinatura do Pesquisador	Data
Nome	Assinatura da Testemunha	Data

Apêndice II: Questionário SMTSL (com 35 questões)

Responda com: (1) muito pouco (2) um pouco (3) razoável
(4) muito (5) muitíssimo

- 01) Os conteúdos de ciências são fáceis
- 02) Eu acredito que posso aprender ciências
- 03) A maioria dos assuntos são trabalhosos
- 04) Sinto dificuldade de entender os conceitos de ciências.
- 05) Entendo os assuntos facilmente.
- 06) Nunca vou aprender ciências.
- 07) Existem assuntos muito simples de aprender em ciências.
- 08) Sempre presto atenção nas aulas.
- 09) Leio sobre os novos assuntos.
- 10) Me interesso por novas descobertas das ciências.
- 11) Faço questionamentos sobre ciências aos professores
- 12) Assisto vídeos sobre temas científicos.
- 13) Reservo um horário semanal para aprender ciências.
- 14) Procuro jogos interativos que envolvam temas científicos.
- 15) Não gosto de nenhum tipo de jogo.
- 16) Eu me pergunto: Pra que aprender ciências?
- 17) Aprender ciências é importante para o todo cidadão.
- 18) Aprender ciências é importante para minha vida.

- 19) O estudo de ciências só importa aos cientistas.
- 20) Eu me pergunto: Pra que existe ciências?
- 21) participo ou já participei de olimpíadas de ciências.
- 22) participo ou já participei de feiras de ciências.
- 23) construo ou construí experimentos científicos.
- 24) Eu já inventei experimentos.
- 25) Me sinto feliz quando aprendo conteúdos de ciências.
- 26) Comemoro quando consigo resolver os exercícios.
- 27) Sinto prazer em estudar novidades científicas.
- 28) É empolgante aprender novos conteúdos.
- 29) Fico alegre quando acho que vou tirar boas notas.
- 30) Estou disposto a participar de cursos de ciências por que o conteúdo é estimulante.
- 31) Estou disposto a estudar ciências, pois é prazeroso conhecer descobertas científicas.
- 32) Pretendo estudar ciência, pois os cientistas são muito respeitados.
- 33) Pretendo seguir a profissão de cientista.
- 34) Continuarei a ler sobre ciências, pois é divertido.
- 35) Sempre lerei sobre novas descobertas das ciências para me manter informado.

Apêndice III: Questionário SMTSL (com 35 questões por Categoria)

As alternativas são:

- (1) muito pouco
- (2) um pouco
- (3) razoável
- (4) muito
- (5) muitíssimo

Self-efficacy (7)

- 01) Os conteúdos de ciências são fáceis
- 02) Eu acredito que posso aprender ciências
- 03) A maioria dos assuntos são trabalhosos
- 04) Sinto dificuldade de entender os conceitos de ciências.
- 05) Entendo os assuntos facilmente.
- 06) Nunca vou aprender ciências.
- 07) Existem assuntos muito simples de aprender em ciências.

Active learningstrategies (8)

- 08) Sempre presto atenção nas aulas.
- 09) Leio sobre os novos assuntos.
- 10) Me interesso por novas descobertas das ciências.
- 11) Faço questionamentos sobre ciências aos professores
- 12) Assisto vídeos sobre temas científicos.
- 13) Reservo um horário semanal para aprender ciências.
- 14) Procuo jogos interativos que envolvam temas científicos.
- 15) Não gosto de nenhum tipo de jogo.

Science learningvalue (5)

- 16) Eu me pergunto: Pra que aprender ciências?
- 17) Aprender ciências é importante para o todo cidadão.
- 18) Aprender ciências é importante para minha vida.
- 19) O estudo de ciências só importa aos cientistas.

20) Eu me pergunto: Pra que existe ciências?

Performancegoal (4)

21) participo ou já participei de olimpíadas de ciências.

22) participo ou já participei de feiras de ciências.

23) construo ou construí experimentos científicos.

24) inventei experimentos.

Achievementgoal (5)

25) Me sinto feliz quando aprendo conteúdos de ciências.

26) Comemoro quando consigo resolver os exercícios.

27) Sinto prazer em estudar novidades científicas.

28) É empolgante aprender novos conteúdos.

29) Fico alegre quando acho que vou tirar boas notas.

Learning environmentstimulation (6)

30) Eu estou disposto a participar de cursos de ciências por que o conteúdo é estimulante.

31) Estou disposto a estudar ciências por que é muito prazeroso conhecer as descobertas científicas.

32) Pretendo estudar ciência, pois os cientistas são muito respeitados.

33) Não pretendo seguir a profissão de cientista.

34) Continuarei a ler sobre ciências, pois é divertido.

35) Sempre lerei sobre novas descobertas das ciências para me manter informado.

Apêndice IV: Questionário SMTSL com cálculo do alfa de Cronbach

Dados do questionário SMTSL

Legenda das Respostas: 1) muito pouco (2) um pouco (3) razoável (4) muito (5) muitíssimo

Questões cujo sim demonstra pensamento negativo ou desmotivante

Item	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Resposta	Média	Desvio Padrão										
1	2	3	3	2	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	3	71	2,535714	0,251937									
2	1	4	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	67	2,392857	0,691795									
3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	70	2,5	0,252525									
4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	64	2,285714	0,355798									
5	1	3	1	3	4	2	3	4	4	3	3	4	3	4	4	62	2,214286	0,612008									
6	1	3	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	83	2,028571	1,211164									
7	1	3	3	4	2	4	4	5	3	3	2	2	2	2	2	88	3,142857	1,253965									
8	3	2	1	2	2	3	4	4	1	2	2	3	2	3	3	88	3,142857	0,497354									
9	3	2	1	2	2	3	2	4	1	2	2	3	4	3	2	71	2,535714	0,701381									
10	4	1	2	2	3	2	4	4	4	2	4	2	4	2	4	92	3,285714	1,105529									
11	2	4	1	2	2	3	2	4	1	2	2	4	3	3	2	79	2,214286	0,892851									
12	1	3	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	3	1	51	1,821429	0,591561									
13	1	3	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	3	1	30	1,785714	0,364127									
14	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	52	1,857143	0,861725									
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	49	1,75	1,157407									
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	56	2	1,111111									
17	5	4	5	4	5	4	4	5	3	5	4	4	5	3	5	127	4,535714	0,406086									
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	119	4,25	0,935185									
19	4	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	37	1,521429	0,376329									
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	33	1,828571	1,136242									
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	37	1,221429	0,226145									
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	1,107143	0,173295									
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	31	1,107143	0,173295									
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	35	1,25	0,194444									
25	4	1	4	1	5	3	3	2	3	5	3	4	3	5	3	98	3,5	0,851852									
26	4	1	5	5	3	3	2	3	3	5	3	5	4	4	3	111	3,964286	1,220891									
27	4	1	3	2	3	2	1	2	2	4	3	4	3	4	3	90	2,714286	1,062494									
28	4	1	3	2	3	3	1	2	1	2	2	4	2	3	2	84	2,3	0,222222									
29	3	4	5	5	3	3	1	2	1	2	2	4	2	4	3	96	3,285714	1,661376									
30	5	5	5	1	3	5	5	4	3	5	5	5	4	5	5	120	4,285714	1,394802									
31	2	1	3	1	3	4	2	3	2	2	2	2	2	2	2	74	2,642857	0,835688									
32	2	1	3	1	2	3	4	3	1	3	2	2	2	2	2	68	2,428571	0,624335									
33	4	3	1	3	2	4	4	3	1	3	1	4	4	3	1	71	2,535714	1,146821									
34	3	1	5	2	3	5	2	4	2	3	2	3	3	3	3	82	2,828571	0,801376									
35	3	1	5	2	3	2	4	2	3	2	3	3	2	2	2	77	2,75	0,712262									
Respostas	50	74	25	67	35	62	69	57	53	65	61	50	75	51	67	65	62	61	63								
Média	53,68	30,46	2,565	12,92	2,565	0,501	23,75	6,93	1,049	9,104	10,3	0,017	2,184	1,485	0,501	16,84	0,166	2,565	2,79	0,2	0,804	2,165	0,501	4,747	5,354	3,118	
Variancia	0,901	13,83	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Alfa de Cronbach																0,833											
K é o número de itens																$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum s_i^2}{s^2} \right]$											
																alfa 0,833											

Apêndice V: Questionário EFE do JEF - Sessão Atividade**1) Para que haja fotoelétrons ejetados podemos tentar:**

- a) Diminuir a frequência da luz.
- b) Aumentar a frequência da luz.
- c) Apagar a luz.
- d) Esquecer da luz

2) Para que haja fotoelétrons ejetados podemos tentar:

- a) Diminuir o comprimento de onda da luz.
- b) Aumentar o comprimento de onda da luz.
- c) Acabar com o comprimento de onda da luz.
- d) Esquecer do comprimento de onda da luz.

3) Se aumentarmos a frequência da luz.

- a) Acaba com o comprimento de onda da luz.
- b) Aumenta o comprimento de onda da luz.
- c) Diminui o comprimento de onda da luz.
- d) Nada acontece com o comprimento de onda da luz.

4) Para cada tipo de metal diferente.

- a) A frequência mínima para que haja fotoelétrons é a mesma.
- b) Nada influencia no comprimento de onda de corte.
- c) Nada influencia no efeito fotoelétrico.
- d) Existe uma frequência mínima para que haja fotoelétrons.

5) Diminuindo a intensidade da luz emitida.

- a) Diminui a frequência mínima para que haja fotoelétrons.
- b) Diminui a intensidade da corrente fotoelétrica.
- c) Aumenta a intensidade da corrente fotoelétrica.
- d) Nada influencia no efeito fotoelétrico.

6) O efeito fotoelétrico foi explicado por:

- a) Albert Einstein
- b) Isaac Newton
- c) Stephen Hawking
- d) Thomas Edson

7) A intensidade da corrente.

- a) Pode variar com a mudança da frequência da luz.
- b) Sempre varia com a mudança na tensão da bateria.
- c) Aumenta com o aumento do comprimento de onda.
- d) Não varia com mudança na intensidade da luz.

8) O efeito fotoelétrico é normalmente usado em:

- a) nas portas de elevadores
- b) nas tintas de carro
- c) nas baterias de celular
- d) nas telas de TV