

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CEARÁ

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE CAMPUS FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA- PGECEM**

DIEGO DE OLIVEIRA SILVA

**METODOLOGIAS ATIVAS COMO SUBSÍDIO PARA A EVOLUÇÃO DE
CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA SOB A ÓTICA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA**

**FORTALEZA-CE
DEZEMBRO DE 2018**

DIEGO DE OLIVEIRA SILVA

**METODOLOGIAS ATIVAS COMO SUBSÍDIO PARA A EVOLUÇÃO DE
CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA SOB A ÓTICA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE – Campus Fortaleza, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales.

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Juscileide Braga de Castro.

Área de Concentração: Ensino de Física.

**FORTALEZA-CE
DEZEMBRO DE 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S586m Silva, Diego de Oliveira.
Metodologias Ativas como Subsídio para a Evolução de Conceitos de Física Moderna sob a Ótica da Aprendizagem Significativa / Diego de Oliveira Silva. - 2018.
95 f. : il.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Campus Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales.
Coorientação: Profa. Dra. Juscileide Braga de Castro.
1. Aprendizagem significativa.. 2. Metodologias ativas.. 3. Ensino híbrido.. 4. Instrução por pares.. 5. Mapas conceituais.. I. Título.

CDD 510.07

DIEGO DE OLIVEIRA SILVA

**METODOLOGIAS ATIVAS COMO SUBSÍDIO PARA A EVOLUÇÃO DE
CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA SOB A ÓTICA DA APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA**

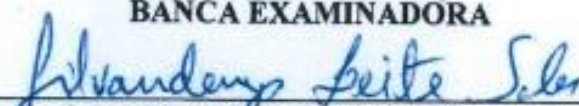
Dissertação de Mestrado Acadêmico apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE – Campus Fortaleza, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales.
Coorientadora: Profª. Drª. Juscileide Braga de Castro.

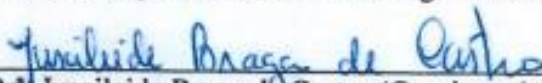
Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em: 07 / 12 / 2018.

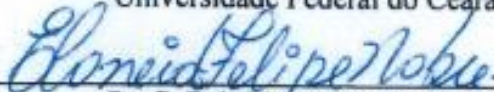
BANCA EXAMINADORA



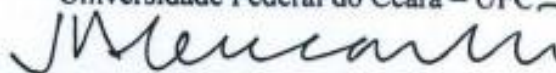
Prof. Dr. Gilvandenys Leite Sales (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE



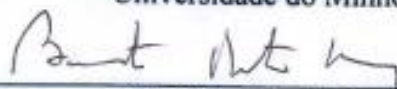
Profª. Drª. Juscileide Braga de Castro (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará – UFC



Profª. Drª. Eloneid Felipe Nobre - UFC
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. José Alberto Lencastre
Universidade do Minho – UMinho



Prof. Dr. Bento Duarte da Silva
Universidade do Minho – UMinho

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, que sempre me apoiaram e incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter aberto os caminhos que me trouxeram até aqui.

Agradeço ao meu pai, Valmir, e minha mãe, Francilene, pela paciência e confiança que sempre tiveram em mim.

À Daniela, que tanto me ajudou e apoiou, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, professor Dr. Gilvandenys Leite Sales, pela confiança, dedicação e ensinamentos. Por ter sido, ao longo destes anos, um exemplo de como um profissional da educação deve se portar e encarar o seu ofício.

À professora Dr^a. Juscileide Braga de Castro, minha coorientadora, que com muita paciência e dedicação, me ajudou a evoluir como pesquisador. Suas contribuições foram imprescindíveis.

Aos professores Nelson Studart, Eloneid Nobre, José Alberto Lencastre e Bento Silva, cujas críticas e considerações contribuíram para o desenvolvimento dessa dissertação.

Aos amigos e companheiros de curso, pela presença, companheirismo e apoio nos momentos de dificuldade.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de pós-graduação.

Gratidão a tantos outros queridos amigos não citados, cujo afeto, apoio moral e o constante encorajamento nunca faltaram.

“O gênio, esse poder que deslumbra os olhos humanos, não é outra coisa senão a perseverança bem disfarçada.”

(Johann Goethe)

RESUMO

O ensino de Física Moderna (FM) muitas vezes deixa de ser abordado durante o Ensino Médio, fato que pode ser atribuído, em geral, à atenção dada a temas da Física clássica em provas de vestibular e ENEM. A dificuldade em integrar os conteúdos ao currículo decorre, muitas vezes, de dificuldades dos professores em trabalhar os temas com os alunos. Este trabalho busca investigar a influência do uso de metodologias ativas na promoção da aprendizagem significativa dos conceitos de FM. A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) forneceu o aporte teórico desta pesquisa, valendo-se de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) com o intuito de organizar as atividades de uma oficina aplicada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), numa turma do último período do curso de Eletrotécnica do Ensino Médio Integrado. Foram utilizadas as metodologias do Ensino Híbrido (EH), Ensino sob Medida (EsM) e Instrução por Pares (IpP) mediados pelo uso de ferramentas digitais, visando possibilitar uma interação construtiva que possibilitasse aos alunos atuarem como agentes do próprio aprendizado. O EH permitiu que os alunos continuassem estudando mesmo fora do ambiente escolar, facilitando o compartilhamento de materiais didáticos e a interação entre o professor e a turma. Os resultados dos testes conceituais realizados indicam que a IpP pode levar a um enriquecimento dos conceitos de FM. Além disso, o uso de Mapas Conceituais (MC), como forma de avaliação, permitiu evidenciar os conhecimentos prévios dos alunos e reconhecer indícios de uma aprendizagem significativa dos conceitos estudados. Dessa forma, considera-se que essa intervenção foi exitosa, proporcionando uma experiência de ensino de FM que pode ser aplicada à estrutura ofertada pela maioria das escolas, com o uso de metodologias ativas e ferramentas digitais.

Palavras-chave: Aprendizagem significativa. Metodologias ativas. Ensino híbrido. Instrução por pares. Ensino sob medida. Mapas conceituais.

ABSTRACT

The Modern Physics (MF) teaching often fails to be addressed during high school. Such negligence usually occurs due to greater attention given to classical Physics by college entrance exams and by ENEM, to difficulty of fitting content in an overcrowded curriculum or due to teachers' difficulty in working these subjects with their students. This research investigates influence of active methodologies in promoting a meaningful learning upon FM concepts. The Theory of Meaningful Learning provided theoretical contribution to this dissertation, which used a Potentially Significant Teaching Unit (PSTU) to organize activities of a workshop at the Federal Institute of Science, Technology and Education of Ceará (IFCE), during last semester of a high school electro technical course. The active learning methodologies used were Blended Learning (BL), Just in Time Teaching (JiTT) and Peer Instruction (PI). They were mediated by digital tools and enabled a constructive interaction in which students could act as agents of their own learning. The BL allowed students to continue to study even outside school environment. It also made sharing teaching materials and interaction between teacher and class easier. The results of the conceptual tests carried out indicate that the PI can lead to an enrichment of MF concepts. In addition, the use of Conceptual Maps (CM) as a form of evaluation allowed to highlight students' previous knowledge and to recognize evidence of a meaningful learning of studied concepts. Thus, it is considered that this intervention was successful, providing an MF teaching experience that can be applied with the use of active methodologies and digital tools to the structure offered by most schools.

Keywords: Meaningful learning. Active methodologies. Blended learning. Peer instruction. Just in time teaching. Conceptual maps.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Princípios da Aprendizagem Significativa Crítica.

Quadro 2 - Questionário de Ensino sob Medida sobre Relatividade.

Quadro 3 - Questionário de Ensino sob Medida sobre Efeito Fotoelétrico.

Quadro 4 - Critérios de Avaliação dos Mapas Conceituais.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Avaliação do Mapa Conceitual de Referência.

Tabela 2 - Teste de Consistência Interna das Respostas dos Alunos.

Tabela 3 - Ganho Normalizado da Atividade sobre Relatividade Restrita.

Tabela 4 - Ganho Normalizado da Atividade sobre Efeito Fotoelétrico.

Tabela 5 - Pontuações dos Mapas Conceituais Elaborados Pelos Alunos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelos de Ensino Híbrido.

Figura 2 – Etapas de uma Instrução por Pares.

Figura 3 – Ensino sob Medida e Instrução por Pares.

Figura 4 – O Ambiente Virtual de Aprendizagem Google Sala de Aula.

Figura 5 – Cartão Resposta Utilizado Pelo Plickers.

Figura 6 – Mapa Conceitual de Referência para a Oficina de Física Moderna.

Figura 7 – Mapa Conceitual elaborado pelo Aluno 06 (Pós-Teste).

Figura 8 – Mapa Conceitual elaborado pelo Aluno 09 (Pós-Teste).

Figura 9 – Comparação entre os Mapas Conceituais elaborados pelo Aluno 02.

Figura 10 – Mapa Conceitual do Aluno 05 (Pós-Teste).

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Pré-Teste x Pós-Teste da Atividade sobre Relatividade Restrita.

Gráfico 2 - Pré-Teste x Pós-Teste da Atividade sobre Efeito Fotoelétrico.

Gráfico 3 - Visão dos Estudantes com Relação à Física Moderna e ao ENEM.

Gráfico 4 - Ferramentas Digitais e Métodos Tradicionais de Ensino.

Gráfico 5 - Metodologias e Instrumentos Utilizados Durante a Oficina.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	Aprendizagem Significativa
ASC	Aprendizagem Significativa Crítica
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EH	Ensino Híbrido
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EsM	Ensino sob Medida
FM	Física Moderna
FMC	Física Moderna e Contemporânea
GSA	Google Sala de Aula
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
IpP	Instrução por Pares
MAA	Metodologias Ativas de Aprendizagem
MC	Mapas Conceituais
OA	Objeto de Aprendizagem
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2. 1 A Teoria da Aprendizagem Significativa	21
2. 2 Modelos Mentais e Físicos.....	23
2. 2. 2 <i>Evolução dos Conceitos e Aprendizagem Significativa</i>	26
2. 3 Metodologias Ativas	27
2. 3. 1 <i>Ensino Híbrido</i>	28
2. 3. 2 <i>Instrução por Pares</i>	30
2. 3. 3 <i>Ensino sob Medida</i>	31
2. 3. 3 <i>Críticas ao Uso de Metodologias Ativas</i>	32
2. 4 Sequências Didáticas	33
2. 4. 1 <i>Sequências Didáticas e Ensino de Física</i>	34
2. 4. 2 <i>Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)</i>	35
3 FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO	37
3. 1 Relatividade Restrita.....	38
3. 2 Efeito Fotoelétrico	39
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA INVESTIGAÇÃO	41
4. 1 Local da pesquisa e sujeitos	41
4. 2 Etapas da pesquisa	41
4. 2. 1 <i>Organização das Atividades Realizadas</i>	43
4. 2. 2 <i>Materiais Utilizados</i>	44
4. 2. 3 <i>Coleta e Análise de Dados</i>	46
5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	55
5. 1 Metodologias Ativas no Ensino de Física Moderna	55
5. 1. 1 <i>Ensino Sob Medida</i>	55

5. 1. 2 <i>Instrução por Pares</i>	56
5. 2 Evolução dos Conceitos e Índícios de Aprendizagem Significativa	59
5. 3 Perfil e Visão dos Alunos Quanto à Realização da Oficina.....	64
5. 3. 1 <i>Análise das Questões na Escala Likert</i>	65
6 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A – QUESTÕES DA INSTRUÇÃO POR PARES SOBRE RELATIVIDADE RESTRITA	83
APÊNDICE B – QUESTÕES DA INSTRUÇÃO POR PARES SOBRE EFEITO FOTOELÉTRICO	84
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO SOBRE PERFIL E OPINIÕES DOS ALUNOS	85
ANEXO A – TERMO DE ASSENTIMENTO PARA ALUNOS MENORES DE IDADE	86
ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO AOS RESPONSÁVEIS	87
ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO AOS ALUNOS MAIORES DE IDADE	90
ANEXO D – PARECER POSITIVO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	93

1 INTRODUÇÃO

É notável que o currículo de Física no Ensino Médio, na maioria dos casos, não considerou os avanços desenvolvidos na área, ao longo do século XX. Temas como Cinemática, Termodinâmica e Óptica recebem maior atenção por parte dos professores, relegando a Física Moderna e Contemporânea (FMC) a segundo plano, mesmo nos casos em que estas são abordadas. (ALVETTI, 1999)

Durante a década de 90, a atualização do currículo de Física é justificada pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos, para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como houve a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atuasse nesse mesmo mundo. TERRAZZAN (1992, 1994)

Na década de 80, o ensino de Ciências no Brasil, por exemplo, era predominantemente teórico, focado na abordagem clássica da instrução. Além disso, a prática docente era realizada por profissionais que, muitas vezes, não possuíam formação adequada. Pode-se dizer que a busca por uma atualização do currículo e introdução de temas de FMC começou no âmbito internacional em 1986, na “Conferência sobre o Ensino de Física Moderna”, realizada em Illinois, nos Estados Unidos. O foco desse evento era promover a inclusão de tópicos de pesquisa em Física, em especial Física de Partículas e Cosmologia, no Ensino Médio e em cursos introdutórios de graduação. (OSTERMANN; MOREIRA, 2000)

No entanto, vinte anos depois da realização desse encontro, a situação continuava praticamente a mesma. Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) constataram que as principais dificuldades apontadas pelos professores, para não trabalharem a FMC nas aulas foi o reduzido tempo disponibilizado, associado à extensa programação, principalmente nas escolas públicas. Outro fator apontado pelos professores para a ausência da FMC, em suas aulas, foi a não exigência desses temas nos programas de exames vestibulares.

Pereira e Aguiar (2002) afirmam que o ensino de Física no nível médio tem se limitado, principalmente, a temas da Física clássica com aulas teóricas e descritivas, ficando distantes da realidade dos alunos. Essa preocupação com um ensino conceitual da Física moderna já era abordada por Shabajee e Postlethwaite (2000), ao afirmarem que crianças têm dificuldades de mudar a sua estrutura cognitiva acerca de questões que foram assimiladas em uma perspectiva limitada. Nesse caso, Os autores defendem que a omissão da Física do século XX nos currículos dificulta a aprendizagem subsequente dos estudantes, em relação aos conceitos de FMC.

Segundo Gaspar (2010), a ausência da introdução dos conceitos de Física Moderna no Ensino Médio, devido à complexidade matemática envolvida, é um erro. Para o autor qualquer assunto de Física pode apresentar grande complexidade matemática, dependendo apenas da maneira como é abordado. Gaspar ressalta ainda que a dificuldade na inserção desse conteúdo não está na sua compreensão, mas sim na dificuldade em aceitá-lo como parte do currículo.

Dominguini, Maximiano e Cardoso (2012) elaboraram uma pesquisa a respeito da abordagem dada à Física Moderna nos livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) utilizados em escolas públicas de 2012 a 2014. Os autores chegaram à conclusão que estes materiais didáticos têm evoluído, ainda que seja necessária uma melhoria na maneira como os professores ministram esses conteúdos.

Apesar da pesquisa de Dominguini, Maximiano e Cardoso (2012) apontar um aumento na presença da FM nos livros didáticos do EM, até 2014 a presença deste assunto em provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) era mínima. Vale ressaltar que a Sociedade Brasileira de Física chegou a emitir uma carta aberta ao órgão responsável pelo ENEM, questionando o fato de que das questões de Física presentes nas duas provas anteriores, 40% eram sobre Mecânica e nenhuma sobre FM. A SBF ainda salientou o fato de o ENEM ser o instrumento de avaliação para o acesso à maioria das instituições de Ensino Superior, e por não contemplar a FM em suas questões, isso poderá diminuir ainda mais seu ensino nas escolas (SBF, 2014).

Outro entrave ao ensino de Física Moderna é a falta de materiais voltados ao ensino de FM nos laboratórios das escolas públicas (PENA; FILHO, 2009). Apesar de muitas dessas escolas terem um espaço destinado à prática laboratorial, os mesmos estão, muitas vezes, equipados com experimentos que abordam apenas a Física Clássica, a Química e a Biologia.

Essa deficiência poderia ser suprida com o uso de ferramentas digitais como simulações, vídeos, jogos educativos ou laboratórios remotos, permitindo uma prática experimental dos conceitos de Física Moderna (MACHADO; NARDI, 2006). Sobre este assunto, Sales *et al.* (2008) ressaltam que o uso de Objetos de Aprendizagem (OA) é capaz de criar um ambiente onde situações-problema podem ser rapidamente criadas e exploradas, permitindo a operacionalização de fenômenos, que, de outra forma, não poderiam ser experimentados nos laboratórios existentes nas escolas.

Assim, o ensino de Física Moderna pode se valer tanto da utilização do laboratório tradicional como do uso de atividades virtuais de simulação. Isto pode favorecer a ocorrência

de uma evolução nos conceitos trazidos pelos alunos, quando utilizados como meios para ilustrar a construção do conhecimento científico e a comprovação de hipóteses.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), por sua vez, definem como um dos objetivos do ensino de Física, a capacidade dos alunos utilizarem conceitos físicos para generalizar e prever situações. Entende-se que as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 2006) puderam estabelecer que o ensino de Física Moderna pode tornar-se importante ao permitir que o aluno possa compreender a evolução técnico-científica do mundo moderno.

Este caráter social do currículo, que busca possibilitar ao aluno desenvolver habilidades para torna-lo apto a interagir com o mundo de forma consciente e crítica, e prepará-lo para a vida profissional, é reforçado nas ações propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018). Visto desta forma, compreende-se que o documento propõe que o estudante seja capaz de analisar processos tecnológicos e fenômenos naturais, levando em conta os impactos que a intervenção humana que poderá trazer à sociedade e ao meio ambiente. Assim, entende-se que o aluno deverá ter a competência para utilizar a linguagem científica na comunicação de suas conclusões aos diversos setores da sociedade em que poderá estar inserido.

Dessa forma, destaca-se o importante papel do professor em proporcionar os meios necessários para que a matéria vista em sala possa ser aprendida de maneira significativa pelos estudantes, e não apenas memorizada. Para Ausubel (1968) a aprendizagem significativa se apoia em três pilares: o conhecimento prévio do aluno, o uso de materiais potencialmente significativos e a vontade do estudante em aprender. Isto posto, para Novak (1981) este tipo de aprendizagem ocorre através de uma troca de saberes, sentimentos e ações que acontece entre professor e aluno, e contribui para o engrandecimento pessoal dos sujeitos envolvidos.

Promover uma aprendizagem conceitual e significativa é importante, no intuito de evitar que os aprendizes simplesmente memorizem fórmulas para a obtenção de notas, esquecendo-se do conteúdo logo em seguida. Uma série de estratégias de ensino-aprendizagem com foco no aluno têm sido desenvolvidas nas últimas décadas. *Problem-Based Learning* (BARROWS; TAMBLYN, 1980), *Think-Pair-Share* (LYMAN, 1981), *Peer Instruction* (MAZUR, 1997), *Just-in-time Teaching* (NOVAK et al., 1999), *One-Minute Paper* (STEAD, 2005), *SCALE-UP* (BEICHER et al., 2007), *Team-Based Learning* (MICHAELSEN; SWEET, 2011) são alguns exemplos de metodologias, que podem ser utilizadas para promover uma mudança no paradigma da sala de aula.

Percebe-se que a utilização de metodologias ativas como forma de promover um maior protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem tem sido objeto de estudo já a algum tempo. Faz-se importante estimular a criação de uma consciência de responsabilidade pelo próprio sucesso acadêmico dos alunos, fazendo com que os mesmos passem a enxergar o professor não como o único detentor do conhecimento, mas como um facilitador e colaborador neste esforço.

Este trabalho tem como questão central de pesquisa a seguinte pergunta: A utilização de uma sequência didática que faça uso de metodologias ativas de aprendizagem como estratégia de ensino, pode contribuir para uma evolução dos conceitos dos estudantes sobre a Física Moderna?

Além disso, levanta-se a hipótese de que a utilização de metodologias ativas aliada à utilização de ferramentas digitais possa contribuir para a construção de um ambiente de ensino híbrido que propicie a ocorrência da aprendizagem significativa de FM.

Fundamentando-se nas referências citadas, esta dissertação visa responder à questão de pesquisa, bem como coletar dados que confirmem a hipótese de trabalho. Desta forma, tem-se como objetivo geral analisar as contribuições de uma sequência didática que auxilie o aluno do Ensino Médio na evolução de seus conceitos sobre Física Moderna, utilizando metodologias ativas e ferramentas digitais com o aporte teórico da aprendizagem significativa.

Para chegar a esse objetivo, procura-se documentar a aplicação de uma sequência didática UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa) que integre o Ensino Híbrido e a Aprendizagem Significativa. Além de investigar a influência do uso de metodologias ativas no ensino de Física Moderna, por meio de testes conceituais e questionários. E também verificar, por meio da elaboração e análise de Mapas Conceituais, a evolução dos conceitos dos alunos sobre Física Moderna.

Ademais, é importante criar possibilidades de superação dos obstáculos que o ensino de Física Moderna enfrenta nas salas de aula do Ensino Médio. A utilização do ensino híbrido como forma de proporcionar ao aluno a flexibilidade de se relacionar com o conhecimento em seu próprio ritmo, também permite que o professor tenha mais tempo disponível para implementar novas estratégias em sala de aula. Entre essas estratégias, o uso de metodologias ativas pode levar os alunos a um maior engajamento com o conteúdo abordado, podendo contribuir para uma aprendizagem significativa dos conceitos estudados.

Dessa forma, nos próximos capítulos serão apresentadas as bases teóricas deste trabalho, bem como a metodologia de pesquisa e os meios de coleta e análise de dados.

O capítulo 2 aborda a fundamentação teórica do trabalho, com seções dedicadas ao estudo da aprendizagem significativa, dos modelos mentais, das metodologias ativas e das sequências didáticas. O capítulo 3 traz, de maneira breve, tópicos de FMC que podem ser trabalhados com uma abordagem conceitual no Ensino Médio. O Capítulo 4 traz o delineamento da pesquisa, e os critérios utilizados para a análise e coleta dos dados.

No capítulo 5 é feita a análise e discussão dos dados coletados durante a pesquisa. E por fim, o capítulo 6 é dedicado às conclusões trazidas pela aplicação do estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A base teórica sobre a qual este estudo se apoia é a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Inicialmente a proposta por David Ausubel (1968), a TAS teve seu estudo expandido e amplamente divulgado graças aos esforços de Joseph Novak (1981), cuja visão particular da TAS levou à adição de elementos humanistas e à elaboração de sua Teoria Educacional. Mais recentemente, Marco Antonio Moreira (2000) expôs a ideia de Aprendizagem Significativa Crítica, que propõe uma nova visão sobre o ato de ensinar.

Dessa forma, apresentam-se, a seguir, considerações sobre a Aprendizagem Significativa e as ferramentas e metodologias que podem concorrer para sua implementação em sala de aula.

2. 1 A Teoria da Aprendizagem Significativa

A ideia original proposta por Ausubel (1968) é a de que novas ideias precisam estar ancoradas em estruturas cognitivas preexistentes no indivíduo. Estes conceitos que servem de ponto de partida e auxiliam o aprendiz a formar um novo conhecimento são chamados de subsunçores. Dessa forma, para que ocorra a aprendizagem significativa alguns elementos são essenciais: a presença de subsunçores, a utilização de um material potencialmente significativo e a vontade do aluno em aprender.

De acordo com Moreira (1997, p.19) “um bom ensino deve ser construtivista, promover a mudança conceitual e facilitar a aprendizagem significativa”. Apesar de a TAS ter sido originalmente proposta por Ausubel, a mesma traz características que a tornam uma espécie de conceito “supra-teórico” comum às teorias construtivistas de aprendizagem. Posto que elementos da TAS podem ser reconhecidos, sob diferentes abordagens e interpretações, nas teorias de múltiplos autores (MOREIRA, 1997).

O autor chega a assinalar tais similaridades ao afirmar:

Podemos imaginar a construção cognitiva em termos dos subsunçores de Ausubel, dos esquemas de (ação) assimilação de Piaget, da internalização de instrumentos e signos de Vygotsky, dos construtos pessoais de Kelly ou dos modelos mentais de Johnson-Laird. Creio que em qualquer destas teorias tem sentido falar em aprendizagem significativa (MOREIRA, 1997, p. 14).

O autor ainda aponta que a presença da aprendizagem significativa nas teorias construtivistas é justificada pelo fato de a mesma se constituir em um elemento implícito à construção humana.

Joseph D. Novak (1981) tendo estudado e colaborado com as pesquisas de Ausubel, contribuiu na divulgação, testagem e refinamento da teoria da aprendizagem significativa. Na verdade, a contribuição de Novak foi tão contundente e importante para o desenvolvimento do que hoje temos como aprendizagem significativa, que a mesma deveria ser atribuída não apenas a Ausubel. No entanto, é a atribuição de um caráter humanista à esta teoria que marca de maneira mais profunda as contribuições de Novak para a aprendizagem significativa.

Ausubel (1968) já havia estabelecido como condição para a ocorrência da aprendizagem significativa a intenção do aluno em não apenas decorar mecanicamente os conteúdos que lhe são apresentados, escolhendo relacioná-los a seus conhecimentos prévios (subsunçores). Novak (1981) vai além e estabelece que o ato de ensinar está ligado à uma troca de atribuições de significado e emoções entre aluno e educador.

A predisposição em aprender é condição necessária para a ocorrência de aprendizagem significativa, ao mesmo tempo em que a aprendizagem significativa deve buscar a mediação de experiências afetivas entre o aluno e o conteúdo. Novak (1981) destaca que a aprendizagem ocorre para o engrandecimento (*empowerment*) humano e seu processo está ligado à soma das contribuições entre o pensamento, os sentimentos e as ações do indivíduo. Podemos então dizer que a Teoria da Educação de Novak expande os conceitos da TAS, conferindo a esta um caráter humanista no qual os sentimentos e relações entre professor, aluno e conteúdo desempenham um papel importante.

Novak se apropriou da Teoria dos Lugares Comuns da Educação, originalmente proposta por Schwab (1973), que afirma que em todo evento no qual ocorre aprendizado podemos encontrar quatro elementos que sempre se repetem. São eles a aprendizagem, o ensino, o currículo e o contexto. A estes, Novak adicionou o conceito de avaliação e passou a denominar os lugares comuns de Schwab de elementos da educação. Os cinco elementos fundamentais da educação, segundo Novak, podem ser resumidos em: professor, aprendiz, conhecimento, contexto e avaliação.

Outra contribuição de Novak (1981) foi o desenvolvimento dos mapas conceituais como ferramenta para mediar a implementação de uma aprendizagem significativa. Os mesmos serviriam como uma forma de permitir aos alunos que expusessem a organização de suas ideias a respeito de determinado tema. Além disso, o uso deste recurso permite que o

professor possa acompanhar a evolução dos conceitos dos estudantes, a forma como estes se relacionam entre si e a ocorrência de indícios de aprendizagem significativa.

Moreira (2000) aborda a aprendizagem significativa por um viés epistemológico e dá uma maior importância às estratégias utilizadas na tentativa de implementar este tipo de aprendizagem. O autor estabelece que a ocorrência da Aprendizagem Significativa Crítica (ASC) está pautada em uma maior diversidade de estratégias e metodologias utilizadas em sala de aula, bem como em uma visão do conhecimento como algo mutável e que deve ser questionado. No Quadro 1, a seguir, são apresentados os princípios facilitadores da ASC como descritos por Moreira (2000).

Quadro 1 - Princípios da Aprendizagem Significativa Crítica

Princípios	Ações/Abordagens
Perguntas ao invés de respostas	Estimular o questionamento ao invés de dar respostas prontas.
Diversidade de materiais	Abandono do manual único.
Aprendizagem pelo erro	É normal errar; aprende-se corrigindo os erros.
Aluno como perceptor representador	O aluno representa tudo o que percebe.
Consciência semântica	O significado está nas pessoas, não nas palavras.
Incerteza do conhecimento	O conhecimento humano é incerto, evolutivo.
Desaprendizagem	Às vezes o conhecimento prévio funciona como obstáculo epistemológico.
Conhecimento como linguagem	Tudo o que chamamos de conhecimento é linguagem.
Diversidade de estratégias	Abandono do quadro-de-giz.

Fonte: Adaptado de Moreira (2000).

Dessa forma, a ASC tem no aluno o centro da atividade pedagógica, sendo papel do professor criar situações que permitam a participação ativa do estudante no processo de aprendizado. Também se pode notar a ênfase no abandono de técnicas tradicionais de ensino, buscando a utilização de metodologias e ferramentas que alterem a forma como o aprendiz se relaciona com o conhecimento.

2. 2 Modelos Mentais e Físicos

O conceito de subsunçores trazido por Ausubel (1968) como elemento primordial da TAS, representa os conhecimentos prévios dos alunos organizados em modelos mentais. Para Johnson-Laird (1983 *apud* GRECA; MOREIRA, 1997) a humanidade pode reconhecer o ambiente a sua volta por meio da observação, de analogias ou da imaginação, elaborando assim, modelos mentais. Dessa forma, é possível afirmar que os estudantes já possuem modelos mentais próprios antes mesmo de entrar em sala. Esses modelos são originários de suas interações anteriores com o mundo, e a habilidade de compreender uma nova teoria científica fica sujeita à capacidade do aluno em elaborar novos modelos mentais que possam mediar o novo conhecimento e sua atual compreensão científica.

diSessa (1988) traz a ideia de “Conhecimento em Pedacos”, considerando que as noções intuitivas de Física consistem, basicamente, de centenas ou até milhares de explicações simplistas e não articuladas. Essas noções, quando utilizadas em contextos específicos, podem ser consideradas como uma espécie de estruturação leiga do conhecimento. Isso por não apresentarem uma organização que possa caracterizá-las como uma teoria.

Ainda segundo diSessa (1993), o professor pode se valer das ideias rudimentares trazidas pelos alunos, como uma ferramenta para o processo de aprendizagem. O educador ajuda a tornar essas ideias iniciais em conceitos formais através de mediações entre o que o aluno já sabe e o conteúdo que se busca ensinar. Ao considerar as expectativas, predições, explicações e julgamentos de razoabilidade trazidos pelos estudantes ao analisarem situações de causa e efeito, o professor pode influenciar de maneira positiva o desenvolvimento de conceitos e a resolução de problemas. Ideias que pareçam mais razoáveis e produtivas para os alunos possuem uma maior chance de serem absorvidas sem erros conceituais e levam os estudantes a desenvolverem suas próprias ideias a respeito do tema.

Segundo Rapp (2005), os modelos mentais podem ser encarados como a reestruturação lógica das informações assimiladas pelo indivíduo, e que permitem que o mesmo possa fazer predições e extrapolar conjecturas relacionadas aos fatos observados. No entanto, os modelos mentais não são recriações dos fenômenos baseadas na memória, são representações abstratas dos mesmos. Dessa forma os conceitos envolvidos são encarados de uma maneira mais genérica e sem preocupações com rigores técnicos ou acadêmicos. Ao elaborar um modelo mental o mais importante não é a reprodução fiel do fenômeno, é a representação imagética do mesmo. Ainda para Rapp,

[...] modelos mentais são representações dinâmicas que podem mudar com o tempo. Eles não são entidades singulares e imutáveis que permanecem invariantes entre (ou mesmo internamente aos) estudantes (tradução nossa, Rapp, 2005, p. 44).

É possível inferir que durante as aulas os estudantes possam desenvolver diferentes modelos mentais para representar o mesmo problema. Além disso, à medida que o aluno adquire novos conhecimentos, seus modelos mentais podem ser substituídos por outros mais sofisticados, que o ajudem a assimilar e resolver problemas mais complexos.

Para Greca e Moreira (2001) a relação entre uma teoria física e a realidade é sempre mediada através de um modelo físico. Tais modelos são construídos a partir da associação de imagens e metáforas que sejam capazes de representar um fenômeno, definindo as limitações que podem vir a ser impostas sobre essa representação para que a mesma possa ser mais facilmente compreendida. Os autores definem ainda que uma teoria física é um sistema de representações composto por signos matemáticos e linguísticos. Os fenômenos físicos são descritos por meio de palavras, enquanto que os símbolos matemáticos definem o formalismo da própria teoria.

Os modelos físicos precisam trazer, contidos em sua estrutura, modelos matemáticos que permitam o entendimento do fenômeno que se pretende representar (GRECA; MOREIRA, 2001). Sendo assim, ao racionalizar um acontecimento por meio de um modelo mental, aplicam-se restrições lógicas e simbólicas por meio dos modelos físicos e matemáticos. Dessa forma, é possível dizer que um modelo físico é formado por um conjunto de modelos mentais organizados como peças de uma estrutura mais complexa, sendo mediadas pelos modelos matemáticos que estruturam a teoria formada de maneira lógica.

Modelos físicos e matemáticos podem ser construídos e apreendidos por meio de interações sociais, contudo cada indivíduo elabora os modelos mentais que os constituem de maneira distinta. A criação desses modelos depende de como as ideias e conteúdos se acomodam na estrutura mental do indivíduo e nas estratégias que o mesmo utiliza ao analisar os fenômenos observados.

Segundo Redish (1993) é possível construir as estruturas cognitivas de maneira ativa. Ao analisar como alunos de um curso de Física elaboram seus modelos mentais, observou a eficácia em tomar conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida para a construção de modelos mentais mais específicos e sofisticados. Para o autor, o professor de Física deve criar estratégias que levem seus alunos a apropriarem-se dos conhecimentos mostrados em sala de aula, buscando estimular o engajamento dos estudantes.

Ainda segundo Redish (1993) o professor também deve ser capaz de rever seus modelos mentais, entendendo que cada aluno se relaciona com o conhecimento de maneira distinta e buscando maneiras de adaptar sua prática didática. A criação de novos modelos mentais por parte dos alunos, como parte do aprendizado, é realizada através da substituição de seus modelos iniciais por outros mais complexos. No entanto, para que isso ocorra é necessário que o novo modelo seja apresentado em um nível intelectual compatível com o desenvolvimento intelectual do aprendiz. Além disso, o novo modelo deve ser visto como útil, apresentar diferenças importantes em relação ao anterior e ser plausível.

2. 2. 2 Evolução dos Conceitos e Aprendizagem Significativa

A ideia de mudança conceitual proposta por Posner *et al.* (1982) procurava traçar um paralelo entre a evolução das teorias científicas e os processos mentais apresentados pelos aprendizes. Para os pesquisadores, ao serem apresentados a uma nova situação problema que não possa ser explicada pelos modelos mentais que possuem, os indivíduos tendem a criar novas concepções.

No entanto, as ideias de Posner *et al.* (1982), apesar de muito difundidas durante a década de 1980, passaram a sofrer críticas ao longo do tempo. Entre essas críticas se destacam a falta de evidências contundentes da ocorrência da mudança conceitual nos estudantes (MORTIMER, 1995). Também se percebe que os alunos não abandonam completamente suas concepções prévias, recorrendo a estas quando fora do contexto escolar (DUIT, 1996). Além disso, apresenta uma abordagem predominantemente cognitiva que deixa de lado fatores como a motivação dos alunos, bem como a dinâmica da sala de aula (PINTRICH; MARX; BOYLE, 1993).

Mortimer (1995) fala da ideia de perfil conceitual, como sendo um sistema que engloba as diferentes ideias e modelos mentais que concorrem para a elaboração de um conceito. Num processo de evolução conceitual não ocorre a troca integral de concepções ingênuas por ideias científicas, mas sim a substituição de certos conceitos por outros mais sofisticados que passam a coexistir com as ideias prévias, com cada um podendo ser utilizado conforme a situação a qual melhor se adequa.

Sendo assim, a evolução das concepções dos alunos é tida como a evolução de um perfil conceitual, onde as novas ideias passam a coexistir com as antigas, sem prejuízo para o indivíduo. É possível a coexistência entre ideias de senso comum, do conhecimento adquirido no contexto escolar e de conceitos de cunho científico. Desta forma a não observância de

transformações radicais no discurso dos estudantes não implica, necessariamente, como um fracasso do ensino (MORTIMER, 1996; AMARAL; MORTIMER, 2004).

Para Moreira e Greca (2003), o conceito de mudança conceitual, como substituição de ideias, é limitada. Para os autores faz mais sentido falar em evolução, enriquecimento e desenvolvimento conceitual, bem como a discriminação de significados. Isto pois, estes modelos não supõem a ocorrência de uma simples mudança de significados ou conceitos, mas de uma aprendizagem significativa.

Sendo assim, o enriquecimento das ideias trazidas pelos estudantes pode ser considerado como o efeito de uma aprendizagem significativa. Além disso, para Moreira (2000) a ASC procura mudar a dinâmica da sala de aula, se utilizando de ferramentas e metodologias para trazer o aluno para uma posição de protagonismo no processo de ensino-aprendizagem. Na próxima seção, serão abordados alguns exemplos de metodologias que possam contribuir para esse fim.

2.3 Metodologias Ativas

Para Prince (2004), as metodologias ativas de aprendizagem (MAA) compreendem uma série de técnicas que, apesar de distintas, buscam o engajamento dos estudantes em atividades que levem à aprendizagem significativa. Segundo Prince, é importante que os estudantes pensem sobre as atividades desenvolvidas, não apenas sigam as orientações do professor, como no modelo de aulas tradicionalmente expositivas.

De acordo com Borges e Alencar (2014) a utilização de MAA podem ser entendidas como uma maneira de estimular o pensamento crítico na formação de futuros profissionais. Além disso, segundo Mazur (2015) ao adotar um modelo de ensino que se valha de metodologias ativas o papel do professor no processo de educacional muda, deixando de ser o único detentor do conhecimento e passando a ser um facilitador da aprendizagem.

Ademais, as metodologias ativas podem ser encaradas como reinterpretações de modelos presentes em diferentes teorias, buscando formas de favorecer a aquisição de conhecimentos. Para isso, utilizam-se de experiências e simulações para reproduzir fenômenos, a fim de solucionar os desafios presentes nas atividades cotidianas (BEHAR, 2009).

Para Freire (2016) as metodologias ativas devem ter como gênese a noção de que os processos construtivos de “ação-reflexão-ação” devem ser estimulados nos alunos. Ainda,

para Zanon *et al.* (2015) o uso das MAA cria possibilidades para a implementação de múltiplas abordagens em diferentes áreas do conhecimento.

A seguir, apresentam-se algumas metodologias ativas que possam viabilizar a ocorrência de aprendizagem significativa.

2. 3. 1 Ensino Híbrido

O Ensino Híbrido (EH), ou *Blended Learning*, é uma prática pedagógica que combina a realização de aulas presenciais com o uso de instruções à distância (DZIUBAN *et al.* 2004). Essa metodologia de ensino contribui para que os estudantes possam alcançar uma melhor compreensão dos assuntos abordados ao permitir que mais tempo dos encontros presenciais possa ser dedicado à solução de problemas e à promoção de um ensino conceitual (BERGMANN; SAMS, 2012; MAZUR, 2013). Para Christensen, Horn e Staker (2013) o EH permite que o aprendiz tenha controle sobre o modo, o horário, o local e o ritmo do aprendizado. Além disso, segundo Jarvela e Hadwin (2013), por possuir uma abordagem centrada no estudante, o EH estimula a colaboração, a autonomia e o aprendizado de Ciências.

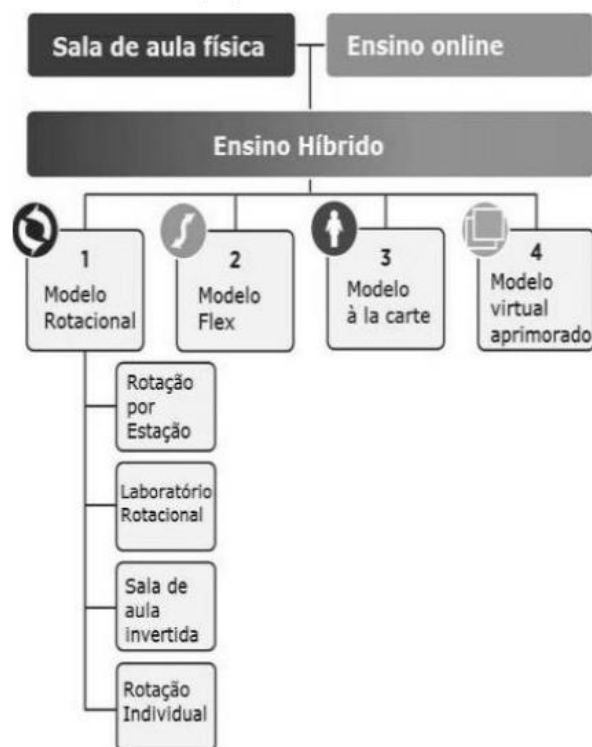
Segundo Christensen, Horn e Staker (2013) as possibilidades de ensino híbrido podem ser classificadas conforme os níveis de distanciamento que propõem com relação ao ensino tradicional, e podem ser divididas em Inovações Sustentadas e Disruptivas. As inovações sustentadas buscam integrar as metodologias tradicionais e *online* utilizando modelos de rotação, sem causar mudanças drásticas na estrutura das escolas.

Nos modelos de rotação os alunos cumprem um roteiro de atividades definido pelo professor, onde ao menos uma parte das atividades é realizada *online*. Esses modelos são divididos em: Rotação por Estações, Laboratório Rotacional, Sala de Aula Invertida e Rotação Individual. Na Rotação por Estações os estudantes são divididos em grupos que desempenham diferentes atividades ao longo do período, revezando-se entre estações. O Laboratório Rotacional realiza a etapa *online* do ensino no laboratório de informática da escola. Na Sala de Aula Invertida os alunos têm acesso a conteúdos *online* para se apropriarem dos conhecimentos que são trabalhados em sala de aula pelo professor. Já na Rotação Individual os alunos utilizam roteiros personalizados e individuais para guiar suas atividades.

As inovações disruptivas buscam se afastar da sala de aula convencional, utilizando modelos de ensino *online* e ferramentas digitais como principais fontes de conhecimento, apresentando os modelos *Flex*, *À La Carte* e *Virtual Aprimorado*. No modelo *Flex* o ensino

online é predominante, podendo haver algumas atividades *offline*, e cada aluno recebe um roteiro individual com base em seus interesses e necessidades, e nas orientações do professor. No Modelo *À La Carte* os alunos desenvolvem atividades no espaço escolar, mas a base do curso é completamente *online*, incluindo as interações com o professor. No Modelo Virtual Aprimorado a escola está totalmente adaptada ao uso das tecnologias digitais, com o aluno realizando atividades *online* e minimizando sua presença no espaço escolar. Uma representação dos modelos de ensino híbrido é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Modelos de Ensino Híbrido



Fonte: Adaptado de Christensen, Horn e Staker (2013).

Moran (2013) destaca a necessidade em criar ambientes didáticos com a capacidade de motivar e dar significado à aquisição de novos conhecimentos, estimulando a pesquisa, a autonomia e o pensamento crítico dos alunos. Para Jarvela e Hadwin (2013) o EH pode alterar a dinâmica da sala de aula, colocando o aprendiz no centro do processo de aprendizado, além de ter o potencial de proporcionar experiências educativas mais significativas e duradouras.

Para Valente (2014) o EH se apresenta não apenas como uma maneira de integrar o ensino presencial e à distância, sendo uma estratégia capaz de integrar diversas práticas educacionais e ferramentas tecnológicas. No entanto, segundo Silva, Silva e Sales (2018) apenas o uso de ferramentas digitais não garante o sucesso na implementação do EH. É

necessário elaborar um planejamento adequado ao trazer novas metodologias ao contexto escolar, buscando familiarizar os alunos à sua utilização.

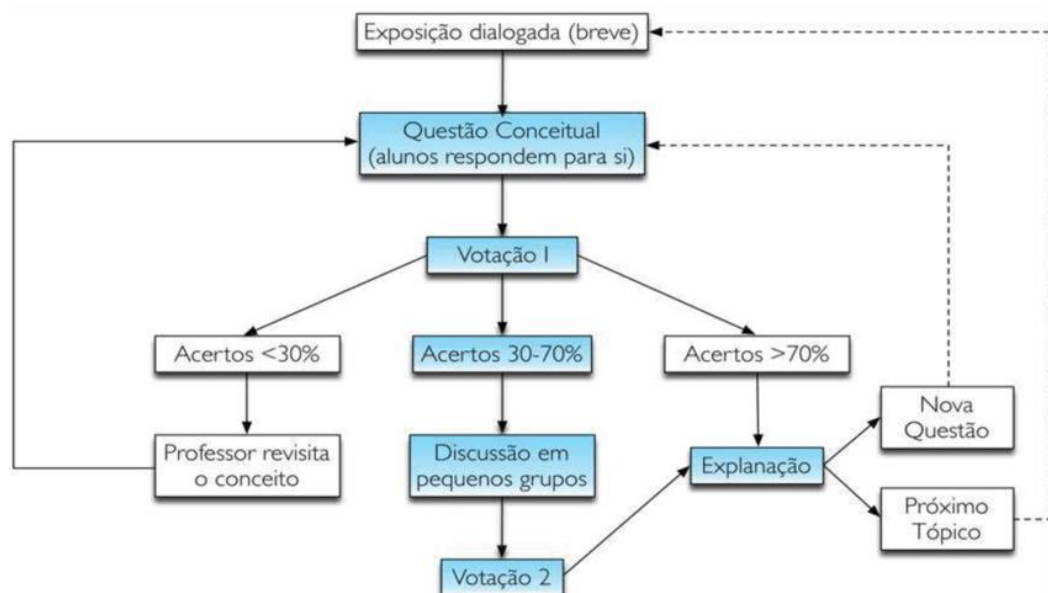
2.3.2 Instrução por Pares

Segundo Araujo e Mazur (2013) a *Peer Instruction*, ou Instrução por Pares (IpP) é uma metodologia na qual os alunos são convidados a estudar um conteúdo disponibilizado previamente pelo professor, com questões conceituais sendo utilizadas para fomentar a discussão entre os estudantes em sala de aula. Essa metodologia visa estimular o aprendizado a partir da interação entre os aprendizes, onde cada um traz suas contribuições para a discussão do assunto, permitindo uma construção colaborativa do conhecimento.

Ao disponibilizar o material de estudo em um momento anterior à aula, com os alunos tendo tempo para se familiarizar com o conteúdo e formarem suas próprias opiniões sobre o mesmo, o professor evita simplesmente repetir o que dizem os livros texto, podendo utilizar o tempo em sala para a discussão participativa dos principais conceitos abordados.

Durante a aula o professor reapresenta rapidamente os conceitos que serão trabalhados e faz perguntas que deverão servir de guia e estimular a discussão do tema pelos alunos. Estas perguntas são de múltipla escolha e inicialmente respondidas de forma individual, com o uso de instrumentos que possibilitem ao professor uma rápida avaliação das respostas (*flash cards*, *clickers*, aplicativos, etc.). Um fluxograma com as etapas presentes na instrução por pares é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Etapas de uma Instrução por Pares



Se após a apresentação inicial da questão uma quantidade inferior a 30% de acertos indica que o conteúdo não foi bem compreendido pela turma, e o professor volta a abordá-lo. Se ocorrem entre 30% e 70% de acertos, é aberto um período de discussão no qual os alunos, divididos em pequenos grupos, buscam chegar a um consenso a respeito da melhor resposta, seguido por uma nova votação. Quando o número de acertos chega a 70% o professor explica a questão e decide se propõe uma nova, ou se passa para o próximo tópico.

2. 3. 3 Ensino sob Medida

O Ensino sob Medida (EsM), ou *Just in Time Teaching (JiTT)*, é uma maneira de promover uma aula personalizada para cada turma, levando em conta seus pontos altos e fortes, e foi desenvolvido para estimular o trabalho em grupo e desenvolver as habilidades de exposição oral e escrita (GAVRIN *et al.*, 2004). Além disso, confere-se ao aluno a responsabilidade pelo próprio aprendizado, permitindo que os conceitos assimilados sejam mantidos por mais tempo (OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015).

Para tanto o professor se vale de atividades extraclasse realizadas previamente pelos alunos. Tais atividades têm como função traçar um perfil conceitual da turma, possibilitando ao professor preparar conteúdos que possam abordar de maneira mais efetiva as dificuldades encontradas pelos alunos, bem como utilizar os conhecimentos prévios dos mesmos como um recurso durante a instrução.

O EsM envolve três etapas distintas: as tarefas de leitura (TL), as discussões em sala sobre as TLs e as tarefas em grupo que se utilizam do que foi visto nas duas primeiras etapas (ARAUJO; MAZUR, 2013).

As tarefas de leitura envolvem os assuntos que serão abordados em sala de aula, bem como questões conceituais sobre os mesmos. Estas respostas, enviadas eletronicamente ao professor, visam estabelecer um diagnóstico do que pensam os alunos acerca do tema a ser trabalhado com a turma. É possível se utilizar de meios gratuitos para esta etapa do processo, como por exemplo, o *MoodleCloud*, o *Socrative*, o *Google Sala de Aula* ou outras ferramentas similares, que auxiliem o professor a disponibilizar o material de leitura e ter acesso rápido às respostas dos alunos. Segundo Araujo e Mazur (2013, p.371) esta etapa tem como objetivo “promover o pensamento crítico sobre o texto lido, introduzir o que será trabalhado em aula e estimular os alunos a elaborarem argumentações, expressas em suas próprias palavras, para embasar suas respostas”.

Durante a segunda etapa o professor, de posse das respostas dos alunos para as questões conceituais, age como provocador e mediador de discussões sobre o tema. Algumas das respostas dos alunos são escolhidas e, de maneira anônima, expostas para que a classe possa comentá-las. A intenção destas discussões é fazer com que os alunos possam, através do diálogo, superar em conjunto suas concepções alternativas. Já tendo diagnosticado possíveis pontos em que os alunos apresentem maior dificuldade de compreensão, o professor pode utilizar recursos didáticos especificamente escolhidos para saná-los (simulações, experimentos, vídeos, etc).

A terceira etapa é a implementação de atividades em grupo, baseadas no que foi desenvolvido nas etapas anteriores. Este momento da aula é mais livre, ficando a critério do professor a escolha das tarefas a serem dadas aos alunos. As mesmas devem trabalhar os conceitos que foram vistos nas primeiras etapas de uma maneira nova. A recomendação de Araujo e Mazur (2013) é de que as exposições orais sejam curtas e intercaladas com atividades diversas, visando manter o interesse do aluno.

Segundo Gavrin *et al.* (2004) a utilização do EsM em disciplinas de Mecânica Introdutória e Eletricidade e Magnetismo gerou uma queda na média de reprovação dos estudantes entre os anos de 1996 e 2001. Os autores chegaram à conclusão de que esta mudança positiva se deu sem levar em consideração as particularidades de cada professor, uma vez que as cadeiras foram ministradas por 5 professores diferentes e em um período relativamente prolongado. Isto ressalta a importância da metodologia aplicada, bem como da escolha do material didático, que permaneceu o mesmo durante o período avaliado.

2. 3. 3 Críticas ao Uso de Metodologias Ativas

Apesar das metodologias ativas de aprendizagem buscarem estimular uma maior participação do aluno como sujeito ativo na construção do seu conhecimento, quando métodos tradicionais de avaliação são empregados, os estudantes tendem a focar seu aprendizado predominantemente na memorização de informações. Sendo assim, ainda que externamente o estudante esteja engajado em um processo de aprendizagem ativo, cognitivamente, o mesmo se comporta de maneira passiva, apenas memorizando e repetindo informações pré-definidas (BROWN; PENDLEBURY, 1992).

Sendo assim, faz-se necessária a utilização de métodos avaliativos que considerem a evolução progressiva dos conhecimentos do aluno, além de se mostrar atraente e instigante. A gamificação aplicada às práticas pedagógicas pode se mostrar como uma promissora

ferramenta de avaliação continuada, considerando o crescimento gradual dos conhecimentos dos alunos.

2. 4 Sequências Didáticas

Segundo Zabala (1998) pode-se considerar que sequências didáticas são práticas pedagógicas compostas por atividades sistematizadas, estruturadas e planejadas para se alcançar objetivos educacionais definidos. Além disso, essas atividades possuem início e fim estipulados no contrato didático, sendo de conhecimento de professores e alunos. Ainda, para Pais (2002) sequências didáticas podem se apresentar como um conjunto predeterminado de aulas planejadas e previamente examinadas com o propósito de verificar situações de aprendizagem, utilizando conceitos presentes na pesquisa didática. Dessa forma, as sequências didáticas existem como ferramentas de ensino produzidas e aplicadas em sala de aula pelo professor.

Leach e Scott (2002) propõem que as sequências didáticas são eventos que têm por objetivo levar os estudantes a compreenderem a Ciência escolar, a adaptação de fenômenos observáveis para o contexto e linguagem própria da sociedade acadêmica, composta por três elementos chave: o estabelecimento de uma narrativa científica, facilitar a internalização dos conceitos pelos estudantes e estimular a participação ativa dos alunos.

Para Kress *et al.* (2002) a exploração da narrativa científica é multimodal em sua natureza, com as ideias podendo ser comunicadas através de imagens, representações, gestos, etc. Sendo assim, essa narrativa pode se apoiar sobre uma série de atividades realizadas pelos estudantes como explorar fenômenos, realizar medições, ler a respeito do processo científico ou assistir a um vídeo. No entanto é necessário estabelecer um ritmo apropriado para o discurso, buscando um equilíbrio entre apresentar informações e criar oportunidades para a exploração dos conceitos (SCOTT; MORTIMER, 2002).

O segundo elemento comum às sequências didáticas na visão de Leach e Scott (2002), a facilitação da internalização dos conceitos, não acontece como uma etapa isolada, mas como um processo que se estende por toda a atividade. É função do professor realizar o monitoramento contínuo da compreensão dos estudantes, reconhecendo e interagindo com a forma como a turma se relaciona com o conhecimento científico. Essa noção encontra apoio nas ideias de Vygotsky (1978), onde o professor desempenha o papel de facilitador do progresso estudantil na Zona de Desenvolvimento Proximal, guiando o aluno da competência assistida para a individual.

Por fim, a terceira etapa de uma sequência didática, segundo Leach e Scott (2002), consiste em criar oportunidades para que os aprendizes possam experimentar e praticar as novas ideias apresentadas, interagindo com os novos conhecimentos de maneira autônoma. Inicialmente o trabalho do professor é guiar os alunos em atividades que possam favorecer a aplicação do que foi visto durante as primeiras etapas, para então ceder a responsabilidade para os estudantes à medida em que estes se mostram capazes de realizar as tarefas propostas sem assistência.

2. 4. 1 Sequências Didáticas e Ensino de Física

Para Psillos e Kariotoglou (2016) a elaboração de uma sequência didática pode se valer das grandes teorias epistemológicas, didáticas ou pedagógicas para estabelecer seus objetivos gerais. No entanto, os autores apontam que teorias mais específicas como por exemplo a Engenharia Didática (ARTIGUE, 1996), o Modelo de Reconstrução Educacional (DUIT, 2006) ou as Demandas de Aprendizagens (LEACH; SCOTT, 2004) podem ser mais adequadas ao definir as ações que visem abordar cenários específicos de ensino e aprendizagem.

Dessa forma, podemos analisar o exemplo do modelo 5 C's, elaborado por Sales (2005) com o objetivo de proporcionar uma evolução dos conceitos dos alunos sobre Física Moderna. Esse modelo tem seu amparo teórico no Procedimento Cognitivo Metodológico de Apreensão (PCMA), também desenvolvido por Sales (2005) com base nas ideias de Pozo (1998). Os 5 C's do modelo se referem às cinco etapas da atividade, que consistem na consolidação dos conhecimentos prévios, conscientização dos conflitos empíricos, constatação das concepções alternativas, comparação com teorias científicas e convergência para uma mudança conceitual.

Apesar do modelo 5 C's possuir influências de teorias cognitivas de aprendizagem mais amplas, seu objetivo específico, que é a promoção de uma mudança dos conceitos dos alunos, e a organização de suas etapas são ditados pelo PCMA. Essa metodologia foi posteriormente utilizada, para a organização de conteúdo e aplicação de atividades escolares, por Silva *et al.* (2015) no ensino de Óptica e por Santos (2017) em aulas de Física Moderna.

O ensino de Física pode se beneficiar da utilização de sequências didáticas, uma vez que estas possuem caráter investigativo e estrutura bem definida, buscando estabelecer um cenário no qual o aluno possa interagir com o conteúdo. Para buscar cumprir os objetivos do trabalho aqui apresentado, e proporcionar uma aprendizagem significativa dos conceitos de

Física Moderna, optou-se por utilizar a metodologia Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), desenvolvida por Moreira (2011).

2. 4. 2 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)

Segundo Moreira (2011) a UEPS foi desenvolvida com o objetivo de possibilitar a construção de sequências didáticas que facilitem a ocorrência de aprendizagem significativa. Para o autor o ensino e a aprendizagem não podem existir separadamente, sendo processos interdependentes. Além disso, os materiais utilizados no processo de ensino-aprendizagem devem ser potencialmente significativos, despertando nos alunos a vontade de aprender.

Ainda para Moreira (2011) a aprendizagem significativa é motivada pela busca por respostas, através do uso de diferentes estratégias de ensino e materiais. Além disso, o ensino deve ter na figura do aluno seu elemento central, abandonando-se o foco na memorização de respostas.

Ainda, as lições e tarefas propostas durante uma UEPS devem apresentar um nível crescente de dificuldade, buscando evidenciar a reorganização das ideias internalizadas pelos estudantes. Além disso, para Moreira (2011) os conhecimentos prévios são o componente mais importante para que possa ocorrer aprendizagem significativa, dessa forma, quando não existirem subsunçores que possam estabelecer uma relação entre o aluno e os conceitos apresentados, sugere-se o uso de organizadores prévios (RIBOLDI, 2015).

Como uma sequência didática a UEPS apresenta uma estrutura de etapas a serem cumpridas durante o processo de ensino. Moreira (2011) define 8 etapas que visam promover uma aprendizagem significativa ao explorar o conhecimento estudado de maneira progressivamente mais complexa, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos e buscando maneiras de aderir estas informações ao conjunto de teorias a ser abordado nas lições.

Os passos necessários para a criação de uma UEPS, segundo Moreira (2011), são: definir o conteúdo a ser ensinado; criar situações para avaliar os subsunçores dos alunos; com base nos conhecimentos prévios da turma, utilizar situações-problema para apresentar o tema escolhido; expor as teorias por trás das situações propostas; trazer exemplos gerais do conhecimento estudado, em um nível mais complexo do que o previamente utilizado; demonstrar, através de atividades que busquem uma reconciliação integradora, os novos significados construídos ao redor das ideias iniciais; examinar o aprendizado através de avaliações formativas e somativas; checar se os estudantes apresentam indícios de uma aprendizagem significativa.

Ao elaborar uma UEPS é necessário que o professor procure se distanciar de metodologias e materiais educacionais que levem a uma aprendizagem mecânica, devendo buscar metodologias que estimulem o aprendiz a interagir de maneira crítica com o conhecimento estudado. Ademais, como forma de determinar e avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, sendo esta uma importante etapa na elaboração de uma UEPS, recomenda-se a utilização de mapas conceituais (RIBOLDI, 2015).

Nas seções a seguir será apresentada em detalhes a construção e a aplicação de uma UEPS elaborada para promover a aprendizagem significativa dos conceitos de Física Moderna, utilizando metodologias ativas e ferramentas digitais para engajar os alunos.

3 FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

A Física Moderna (FM) pode ser considerada como o conjunto de teorias desenvolvidas no começo do século XX. Destes estudos, duas grandes contribuições surgiram: a Teoria da Relatividade, elaborada por Einstein, e a Teoria Quântica, de Planck (SCHWEDER, 2015).

Monteiro (2013) afirma que é possível notar o aumento crescente da influência dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea nas tecnologias presentes no cotidiano da população. O estudo desse tema pode auxiliar os sujeitos a compreender o mundo atual e a se posicionar de modo consciente, participativo e crítico na vida real, o que demonstra a importância dessa área do conhecimento na vida dos cidadãos.

Apesar da importância do tema, a FM não tem sido abordada no Ensino Médio (EM) com a atenção devida. Monteiro *et al.* (2009) apontam que apesar de compreenderem a relevância da FM para a formação do aluno de Física, uma grande parcela dos professores do EM não a abordam em suas aulas.

Para Ostermann e Moreira (2001) os alunos do Ensino Médio têm plena capacidade de aprender os conceitos de Física Moderna. No entanto, esse aprendizado está condicionado à forma como o professor aborda esse tema em sala de aula, sendo necessária a escolha de recursos didáticos e metodologias adequadas.

Brockington e Pietrocola (2005) utilizaram a Teoria da Transposição Didática para classificar as propostas mais comuns do ensino da Física Moderna no Ensino Médio. Os autores chegaram a dois grupos principais, aqueles que buscam abordagens próximas às do saber científico formal, e aquelas que buscam se alinhar com o que é feito no ensino da Física clássica no Ensino Médio.

Para promover a aprendizagem dos conteúdos de FM, é necessário levar em conta o contexto no qual os alunos estão inseridos, promovendo a transposição didática como forma de simplificar os conteúdos de forma consciente (SÁ, 2015).

Este estudo é focado na promoção do aprendizado conceitual dos tópicos de Física Moderna, não exigindo dos alunos um preciosismo matemático ou a resolução de equações extensas. Ao contrário, a matemática neste caso deverá ser uma forma de complementar e dar respaldo aos conceitos estudados, mas sem se tornar um obstáculo para o estudante, como ressaltam Souza e Lawall (2011).

A intenção deste trabalho não é a de se aprofundar de maneira pormenorizada nos tópicos da Teoria da Relatividade ou da Física Quântica. No entanto, busca-se levar à uma

aprendizagem significativa, promovendo uma abordagem conceitual dos temas ligados à Relatividade Restrita e ao Efeito Fotoelétrico.

3. 1 Relatividade Restrita

Ao propor a Teoria da Relatividade Restrita em seu artigo de 1905 “*Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento*”, Einstein buscou reconciliar os achados de Maxwell com o que dizia a mecânica newtoniana. Para isso, Einstein apresentou dois postulados:

1. as leis da Física são as mesmas em todos os referenciais inerciais;
2. a velocidade da luz não depende da velocidade de sua fonte, sendo a mesma independentemente do referencial adotado.

Dessa forma, conseguiu relacionar a mecânica de Newton, que analisa o movimento dos corpos à velocidades relativamente baixas e as leis do Eletromagnetismo, sem invalidar nenhuma delas. Além disso, segundo a Teoria da Relatividade Restrita, um intervalo de tempo medido por diferentes observadores não tem sempre o mesmo valor. Conferiu-se então um caráter relativo ao tempo e, por consequência, ao espaço, condicionando essas grandezas à velocidade relativa das mesmas em relação ao observador.

O tempo transcorrido medido por um observador próximo à velocidade da luz passa a ser expresso pela equação 1:

$$T = T_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (1)$$

Onde T é o tempo decorrido para um observador que se move junto com um sistema próximo da velocidade da luz, v é a velocidade desse sistema, T_0 é o tempo observado em um referencial estático em relação ao movimento e c é a velocidade da luz no vácuo. Desta forma, nota-se que o tempo medido no referencial de T, que se move próximo à velocidade da luz, sofre uma dilatação.

A abordagem do caráter relativo do tempo para alunos do primeiro ano do Ensino Médio foi proposto por Rodrigues (2001). Para o autor o Paradoxo dos Gêmeos configura-se como um problema capaz de ilustrar este conceito de maneira apropriada ao nível dos

aprendizes. Sá (2015) defende o uso de filmes em sala, sob o argumento de que a os mesmos podem apresentar este conceito tão abstrato de maneira concreta. Instigando a curiosidade dos alunos, bem como estimulando a participação e a motivação dos mesmos através da curiosidade.

Da mesma forma, a contração do espaço pode ser definida através da equação 2:

$$l = L_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (2)$$

Onde l é o comprimento de um objeto ao ser visto por um observador em repouso, e L_0 o comprimento inicial deste objeto. Da mesma forma que acontece na equação para a dilatação do tempo, podemos notar que para velocidades muito baixas o valor do radical seria um, ou seja, não haveria diferença nos comprimentos observados.

Um exemplo dado por Einstein consiste em imaginar um trem que atravessa um túnel de comprimento menor que o seu próprio. Se sensores são colocados na entrada e na saída do túnel, e o trem se move com velocidade próxima de c , a informação coletada por esses sensores seria a de que a parte traseira do trem estaria dentro do túnel antes da parte dianteira passar pela saída, indicando que o comprimento do trem diminuiu para um observador em um referencial em repouso ou com velocidade muito menor que a da luz.

Outra noção trazida pela Teoria da Relatividade Restrita foi a da impossibilidade da simultaneidade entre eventos, ou seja, eventos que são simultâneos para um dado observador não são necessariamente simultâneos para outro observador em outro referencial.

3. 2 Efeito Fotoelétrico

O Efeito Fotoelétrico pode ser mais facilmente notado, uma vez que é o responsável pelo funcionamento, dentre outras coisas, dos leitores de código de barras, das portas automáticas e até mesmo dos aparelhos televisores. O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por um material quando excitado por uma radiação eletromagnética. Os fótons emitidos por uma fonte luminosa possuem uma energia característica, proporcional à frequência da luz. No processo de absorção fotônica, se um elétron de um determinado material absorve a energia de um fóton, e assim, adquire mais energia que sua função trabalho, este é ejetado. É uma interação entre o fóton que incide e os elétrons dos níveis de energia mais superiores, dependendo não da intensidade da luz, mas da frequência da mesma.

Toda a energia proveniente do fóton deve ser absorvida e usada para liberar um elétron da ligação atômica, ou então a energia é reemitida. Se a energia do fóton é absorvida, parte dela é utilizada para livrar o elétron do átomo e o restante contribuirá com a energia cinética do elétron como uma partícula livre. Um fóton deve possuir uma frequência mínima para ser capaz de liberar um elétron da superfície de um material. E por sua vez, cada material possui uma *função trabalho* que representa a energia que deve ser fornecida a fim de que um elétron possa se desprender. Sendo assim a energia cinética máxima do elétron livre será:

$$E_{cmax} = E_{fóton} - \emptyset \quad (3)$$

Onde \emptyset é a função trabalho característica do material. Utilizando a proposta de Planck para a energia do fóton, temos:

$$E_{cmax} = h.f - \emptyset \quad (4)$$

Onde h é a constante de Planck e f a frequência do fóton.

Estes tópicos abrangem conceitos que podem ser trabalhados com o nível de conhecimento matemático esperado de um aluno de Ensino Médio. Priorizar a fenomenologia e como a FMC está inserida no cotidiano do estudante pode contribuir para a desmistificação deste assunto estimulando uma aprendizagem menos mecânica e mais significativa.

No próximo capítulo serão apresentadas as metodologias utilizadas na implementação da pesquisa.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA INVESTIGAÇÃO

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada na elaboração desta pesquisa. Elencam-se a seguir a escolha da escola e dos sujeitos analisados, as etapas do estudo, os instrumentos de coleta de dados e os materiais utilizados.

A pesquisa foi de natureza quali-quantitativa com cunho exploratório e experimental, na forma de um estudo de caso que, segundo Yin (2010), caracteriza-se como uma investigação empírica que busca observar um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes. A pesquisa tem o objetivo de determinar a eficiência da utilização de metodologias ativas como forma de favorecer a aprendizagem significativa e a evolução conceitual no ensino de Física Moderna.

4. 1 Local da pesquisa e sujeitos

A pesquisa se deu no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), campus Fortaleza, e as intervenções didáticas foram aplicadas sob a forma de oficinas de Física Moderna ofertadas a 15 alunos devidamente matriculados na disciplina de Física VI do Ensino Médio Integrado. Os estudantes participaram de forma voluntária e a pesquisa seguiu todas as recomendações do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), tendo recebido parecer positivo dessa instituição. Os modelos dos termos de assentimento e consentimento entregues aos alunos menores de idade e seus responsáveis estão nos Anexos A e B, respectivamente, e o documento entregue aos alunos maiores de idade encontra-se no Anexo C. O parecer do CEP pode ser visto no Anexo D dessa dissertação.

4. 2 Etapas da pesquisa

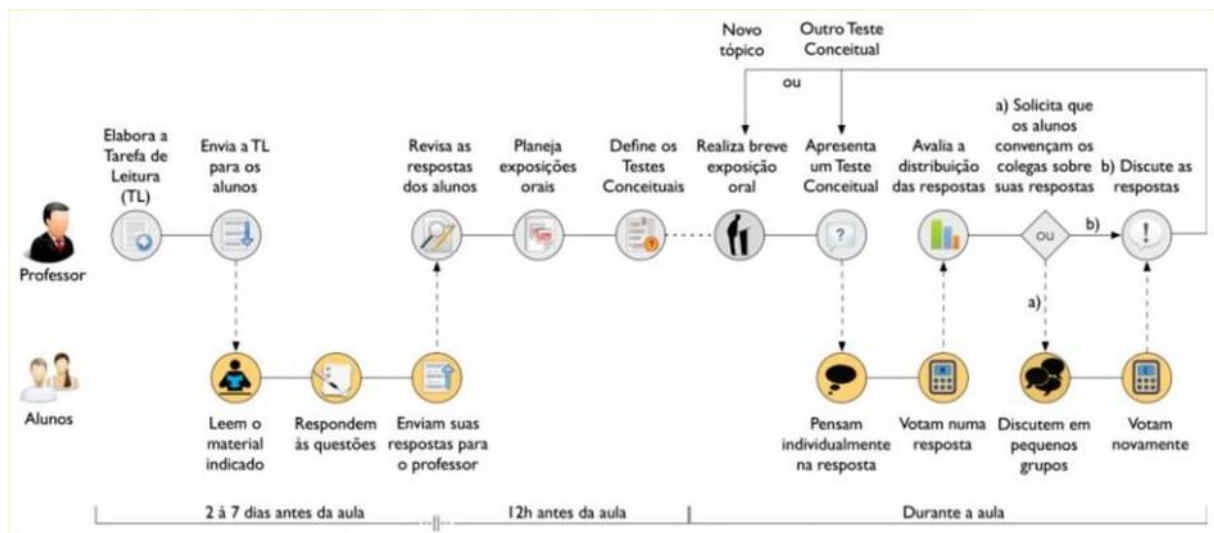
A pesquisa foi planejada como uma oficina com o tema Física Moderna, consistindo em 4 (quatro) encontros presenciais de 2 (duas) horas de duração cada e previsão de 8 (oito) horas à distância, totalizando 16 (dezesesseis) horas-aula. Além disso, atividades de leitura e *quizzes online* foram realizados entre os encontros, sendo disponibilizadas em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Por ser gratuito e de fácil manipulação pelos alunos o AVA escolhido para integrar as ações à distância foi o *Google Sala de Aula* (GSA).

Ao início do estudo realizou-se uma aula sobre mapas conceituais, ministrada no intuito de permitir aos alunos criarem representações de seus conhecimentos sobre a Física Moderna. Os mapas conceituais produzidos ao final do primeiro encontro constituíram um pré-teste que definiu o nível inicial de conhecimentos demonstrado pelos alunos, bem como os subsunçores que ajudaram a estabelecer a abordagem dos temas propostos nos encontros posteriores.

Para organizar as intervenções didáticas, buscando a promoção e verificação de mudanças na estrutura conceitual dos alunos, levando a uma aprendizagem significativa, foi utilizada uma sequência didática UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa). Além disso, fez-se uso de metodologias ativas de aprendizagem, mais especificamente, Ensino Híbrido, Ensino sob Medida e Instrução por Pares, bem como o uso de ferramentas digitais, como Objetos de Aprendizagem, vídeos e jogos educacionais.

O modelo de Ensino Híbrido utilizado foi a Sala de Aula Invertida, além disso, o Ensino sob Medida e a Instrução por Pares foram utilizadas seguindo o modelo proposto por Araújo e Mazur (2013). Na Figura 3 é mostrado o modelo de implementação das atividades.

Figura 3 – Ensino sob Medida e Instrução por Pares



Fonte: Adaptado de Watkins e Mazur (2010).

Ao final das oficinas, no último encontro, os alunos elaboraram novos mapas conceituais representando a configuração de seus conhecimentos após as aulas. Estes mapas conceituais constituíram o pós-teste, tendo como finalidade analisar a evolução dos conceitos dos alunos acerca dos temas abordados nas aulas.

4. 2. 1 Organização das Atividades Realizadas

As ações implementadas durante a oficina foram organizadas seguindo uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), construída de acordo com a sequência de ações estabelecida por Moreira (2011), incorporando o uso de metodologias ativas e ferramentas digitais à sua estrutura de aulas presenciais e à distância. Em um primeiro momento, anterior à realização da oficina, definiu-se que as aulas teriam como tema a Física Moderna, onde seriam abordados a Teoria da Relatividade Restrita e o Efeito Fotoelétrico.

O primeiro encontro foi iniciado com o estabelecimento do contrato didático, onde o professor apresentou aos alunos as atividades que seriam realizadas, bem como uma rápida explicação sobre as motivações da pesquisa. Além disso, foi realizada uma oficina de mapas conceituais com o intuito de possibilitar aos alunos traçarem um panorama de sua estrutura cognitiva, permitindo que o professor tivesse acesso a essas informações.

A aplicação do Ensino sob Medida, com os materiais sendo disponibilizados na plataforma *Google Sala de Aula* logo após o primeiro encontro, permitiu que o professor tivesse acesso os conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto da aula. Essas informações foram então utilizadas para elaborar uma aula dialógica onde os estudantes foram convidados a discutir sobre questões relacionadas ao assunto, permitindo que a teoria fosse em seguida explicada pelo professor.

O aprofundamento dos conteúdos deu-se através da proposição de exemplos e aplicações da teoria em um nível um pouco mais aprofundado, seguido da utilização de vídeos para melhor conceituar os fenômenos abordados. Segundo Muchenski e Beilner (2015) professores podem se valer do uso de vídeos, especialmente os de curta duração, como uma ferramenta no ensino de conceitos Físicos.

Devido ao caráter predominantemente abstrato da Física Moderna e da dificuldade em trazer experimentos para a sala de aula, os alunos foram apresentados a Objetos de Aprendizagem (OA), podendo interagir de maneira mais ativa com os conceitos expostos. Para Wiley (2002) os OA são instrumentos digitais capazes de contribuir para o aprendizado, e segundo Sales *et al.* (2008) a aprendizagem de conceitos científicos e matemáticos pode se beneficiar da utilização de OAs. Isso se deve ao fato de os mesmos apresentarem objetivos bem delimitados, serem de fácil manipulação e poderem ser encontrados à disposição na internet de forma gratuita. Além disso, para Sabbatini (2012), o uso de simulações no ensino de Ciências pode contribuir para o desenvolvimento de competências e habilidades relativas ao método científico, ajudando a desenvolver o pensamento crítico.

A avaliação da aprendizagem foi realizada de maneira formativa e somativa, através da participação dos alunos durante as aulas e das atividades de Instrução pelos Colegas, onde os estudantes responderam a testes conceituais de maneira individual e em grupo. Ao fim do último encontro foi pedido que os alunos elaborassem um novo mapa conceitual, que quando comparado com os mapas previamente construídos, poderia revelar evidências de uma aprendizagem significativa (NOVAK, 1984).

4. 2. 2 Materiais Utilizados

Como dito anteriormente, o AVA escolhido para agregar os conteúdos disponibilizados pelo professor, tanto nas atividades presenciais como nas à distância, foi o Google Sala de Aula¹. O uso do Google Sala de Aula (GSA) permite que o professor apresente conteúdos *online* para os estudantes, permitindo uma maior organização dos conteúdos disponibilizados e facilitando a comunicação com a turma (PRASTIYO; DJOHAR; PURNAWAN, 2018). Uma captura de tela da plataforma GSA, como foi apresentada aos alunos, é apresentada na Figura 4.

Figura 4 – O Ambiente Virtual de Aprendizagem Google Sala de Aula

The screenshot shows the Google Classroom interface for a physics course. At the top, there's a purple header with the course name 'Oficina de Física Moderna' and 'Relatividade'. Below the header, there are navigation tabs for 'MURAL' and 'PESSOAS'. The main content area is divided into two sections. The first section is a quiz titled 'Quiz sobre Luz e Energia' with a question 'Já pensaram na relação que existe entre luz e energia?'. It shows 9 submissions and 6 assignments. Below the quiz is a link to a Google Form: 'Luz e Energia' with the URL 'https://goo.gl/forms/7Cjw2tcHGc49fVTr2'. The second section is a lesson titled 'Relatividade: Dilatação do Tempo e Contração do Comprimento' with 6 submissions and 9 assignments. The lesson description states: 'O primeiro link é um vídeo sobre a contração do espaço. O segundo link é um Objeto de Aprendizagem sobre a Dilatação do Tempo.' Below the lesson are two links: 'Special Relativity Part 3: Length Contraction' (a 6-minute YouTube video) and 'Light Clock - Time Dilation' (a link to a physics applet). On the right side, there's a sidebar with various interaction tools: 'Reutilizar postagem', 'Criar pergunta', 'Criar tarefa com teste', 'Criar tarefa', 'Criar aviso', and a plus sign for more options.

Fonte: Autor (2018).

¹ classroom.google.com

Segundo a pesquisa de Al-marroof e Al-emran (2018) a familiaridade, a conveniência e a facilidade na manipulação do GSA são fatores que influenciam positivamente no uso dessa ferramenta por parte dos alunos, facilitando a realização de atividades de aprendizagem.

Também foram utilizados vídeos, como material didático, disponibilizados através do site *Youtube*². Em atividades educacionais, o *Youtube* pode ser utilizado para ilustrar conteúdos e estimular os estudantes a pesquisarem por informações, além de inspirar novos métodos de ensino (AGAZIO; BUCKLEY, 2009). Além disso, para Szeto e Cheng (2013) o *Youtube* é uma ferramenta digital que pode auxiliar a transmissão de conhecimento, facilitando uma abordagem construtivista do ensino.

Os vídeos utilizados não são de autoria do pesquisador, tendo sido escolhidos entre materiais já presentes na plataforma. Os mesmos foram empregados para ilustrar diferentes conceitos da Física Moderna, bem como levantar situações problema que pudessem iniciar discussões. O primeiro vídeo traz uma linha do tempo sobre a vida de Einstein e a elaboração da Teoria da Relatividade³. O segundo aborda a contração do comprimento⁴ e apesar de ser falado na língua inglesa, oferece a opção de legendas em português, e o último vídeo disponibilizado é uma demonstração experimental do Efeito Fotoelétrico⁵.

Também foram utilizados objetos de aprendizagem que, quando empregados para o ensino de Física, podem tornar a prática pedagógica mais atrativa para os alunos, permitindo a manipulação de conceitos a partir da modelagem matemática (MACÊDO; DICKMAN, 2009). Para Tavares (2008) o emprego de simulações permite a observação de fenômenos que de outra maneira não poderiam ser minuciosamente investigados em sala de aula, possibilitando que a reprodução do experimento se dê sempre que necessário.

Sendo assim, para melhor ilustrar o conceito de dilatação temporal, empregou-se o Objeto de Aprendizagem (OA) *Light Clock*⁶, onde é possível comparar as trajetórias de dois feixes luminosos emitidos por duas fontes diferentes, uma em repouso e outra com velocidade variável, definida pelo aluno. Além disso, durante a aula de Efeito Fotoelétrico foi utilizado o OA Pato Quântico⁷, que utiliza elementos de jogos para abordar conceitos como frequência de corte, dualidade onda partícula e energia quantizada de forma lúdica (SALES *et al.*, 2008).

Para Llinás, Macías e Márquez (2018) as avaliações qualitativas e quantitativas dos mapas conceituais construídos em sala de aula se mostram como uma maneira simples e

² www.youtube.com

³ <https://youtu.be/aKwmOxnR1cw>

⁴ <https://youtu.be/FPzGAKsFCbs>

⁵ <https://youtu.be/VVka6Mp5vyA>

⁶ http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more_stuff/Applets/Lightclock/home.html

⁷ http://www.proativa.virtual.ufc.br/objetos_aprendizagem/pato/pato.html

eficaz para avaliar a evolução do aprendizado dos alunos. Ainda sobre as vantagens do uso de mapas conceituais, Yin *et al.* (2005) declaram que ao utilizar mapas conceituais logo no início de uma instrução é possível identificar e remediar as concepções alternativas que os estudantes possam apresentar. Sendo assim, foram utilizados mapas conceituais como meio de expor a estrutura cognitiva e os conhecimentos prévios dos alunos, além de buscar por indícios de ocorrência de aprendizagem significativa.

4. 2. 3 Coleta e Análise de Dados

A seguir são apresentadas as formas de coleta de dados empregados nesta pesquisa, assim como os métodos de análise de dados utilizados.

4.2.3.1. Ensino sob Medida

O Ensino sob Medida foi aplicado através de tarefas de leitura e questionários elaborados com o *Formulários Google* e disponibilizados via *Google Sala de Aula*. Estas tarefas de leitura consistiram de perguntas abertas que visavam estabelecer não apenas o nível de conhecimento dos alunos, mas em que situações estes conceitos foram a eles apresentados. No Quadro 2, a seguir, são apresentadas as questões utilizadas para averiguar as noções de Relatividade trazidas pelos alunos.

Quadro 2 - Questionário de Ensino sob Medida sobre Relatividade.

T.1. O Tempo é algo constante? Sempre passa da mesma forma e no mesmo ritmo? Dê um exemplo.
T.2. Duas pessoas, cada uma com um cronômetro, medem o tempo que uma maçã leva para cair. É possível que elas encontrem intervalos de tempo diferentes? Por que isso acontece?
T.3. Você já se deparou com elementos da cultura pop (filmes, séries, livros, quadrinhos, etc) que abordam a viagem no tempo? Você acha que a mesma é possível?
T.4. Quando a ficção científica retrata uma viagem espacial, geralmente as naves viajam a velocidades próximas à da luz. Se isso já fosse possível na vida real, como você acha que essa velocidade afetaria a nave e os passageiros?
T.5. Pensando ainda na situação da questão anterior, como um observador externo enxergaria a passagem dessa nave? E como os passageiros da nave enxergariam o observador?

Fonte: Autor (2018).

Assim como o questionário sobre Relatividade, as questões abordando o Efeito Fotoelétrico também foram de natureza aberta e buscaram trazer perguntas que pudessem fomentar a discussão sobre o tópico em sala de aula. A seguir, no Quadro 3, é apresentado o questionário aplicado antes da aula sobre Efeito Fotoelétrico.

Quadro 3 - Questionário de Ensino sob Medida sobre Efeito Fotoelétrico.

E.1. Na sua opinião, como a luz se propaga?
E.2. Já ouviu falar no termo "fóton"? Se sim, onde você ouviu?
E.3. Dois carros, um de cor branca e outro de cor preta, são estacionados na rua em um dia ensolarado. Depois de uma hora, qual dos dois estará mais quente? Por que isso acontece?
E.4. Existe relação entre a energia de um corpo e a sua temperatura? Qual seria essa relação?
E.5. Você já deve ter ouvido falar em "energia solar". Na sua opinião, como é possível coletar energia elétrica através da luz solar?

Fonte: Autor (2018).

A correção das tarefas de leitura não se dá da mesma forma que uma avaliação somativa tradicional, uma vez que o seu objetivo é diagnosticar as principais dificuldades demonstradas pelos alunos durante a atividade (OLIVEIRA; VEIT; ARAUJO, 2015). Marrs,

Blake e Gavrin (2003) definem que a avaliação das respostas empregadas pelos alunos em uma intervenção de EsM se dá em diferentes níveis de compreensão e empenho dos estudantes. As possibilidades de resposta, segundo os autores, são: o estudante diz não saber como responder à pergunta (Sem Resposta); o estudante tenta responder à questão, no entanto não demonstra evidências de conhecimento prévio, podendo ainda revelar concepções alternativas (Resposta Incorreta); a resposta do aluno pode transparecer a existência de subsunçores, apesar de o mesmo não utilizar informações do conteúdo disponibilizado pelo professor (Resposta Parcialmente Correta); o estudante responde à pergunta de maneira precisa e completa, incorporando conhecimentos do material apresentado pelo professor, podendo ainda utilizar fontes externas de pesquisa (Resposta Correta).

Ademais, o Ensino sob Medida é uma metodologia cuja eficácia pode ser verificada através de métodos qualitativos e quantitativos, ao analisarmos o sucesso dos estudantes durante as aulas, sua evolução cognitiva e questionários de opinião (GAVRIN, 2006). Neste trabalho a utilização do EsM foi avaliada de maneira qualitativa, levando-se em consideração os resultados obtidos nos testes conceituais da IpP e nas respostas ao questionário aplicado ao fim da oficina.

4.2.3.2. Instrução por Pares

Durante a oficina foram realizadas duas intervenções com a metodologia “*Peer Instruction*”, a primeira sobre Relatividade Restrita e a segunda sobre o Efeito Fotoelétrico. A aplicação e coleta de dados quantitativos destas atividades foi realizada utilizando-se o aplicativo/site *Plickers*, e os resultados foram então exportados e analisados no *Microsoft Excel*.

Para realizar a análise de dados obtidos durante as aplicações da “Instrução por Pares” foi utilizado o método do ganho médio normalizado, também conhecido como ganho de Hake (HAKE, 1998). O ganho de Hake é definido pela equação 5, a seguir:

$$g = \frac{(\%pós - \%pré)}{(100\% - \%pré)} \quad (5)$$

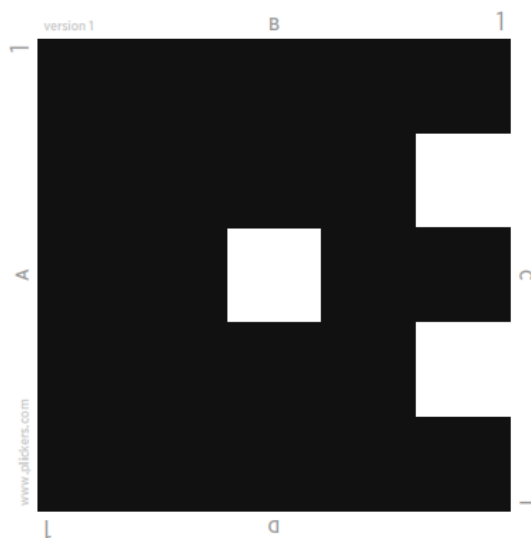
Este método de avaliação dos resultados foi desenvolvido com o objetivo de estabelecer uma forma de classificação da eficiência de cursos que se utilizam de

metodologias ativas de aprendizagem. Hake (1998) estabeleceu 3 categorias para o ganho normalizado: um $g < 0,3$ indica uma turma com ganho baixo; $0,3 \leq g < 0,7$ indica um ganho médio e $g \geq 0,7$ representa uma turma com um alto ganho.

Os enunciados dos testes conceituais sobre Relatividade Restrita e Efeito Fotoelétrico, bem como suas alternativas, encontram-se, respectivamente, nos Apêndices A e B ao fim do documento.

Sobre o uso do *Plickers*, o mesmo se mostra como uma alternativa gratuita ao uso de meios eletrônicos tradicionais de coleta de votos, como os clickers. Além disso, não exige que a escola possua uma estrutura que suporte o uso desses recursos, fazendo uso apenas do smartphone do professor e dos cartões resposta disponibilizados para impressão através do próprio site. Um modelo de cartão resposta utilizado pelo *Plickers* se encontra na Figura 5, a seguir.

Figura 5 - Cartão Resposta Utilizado Pelo Plickers



Fonte: *Plickers* (2018).

Após a coleta das respostas, as mesmas são armazenadas em um banco de dados gerenciado pelo próprio *site*, podendo ser baixados no formato de planilha ou impressos pelo professor.

4.2.3.3. Mapas Conceituais

Para Novak (1984) a ideia de organização hierárquica de um MC pode indicar a diferenciação progressiva dos conceitos. Corroborando a concepção de que a aprendizagem é

um processo contínuo, que se constitui como um enriquecimento gradativo de conceitos. Da mesma forma, ao se produzir mapas conceituais ao longo do processo de ensino é possível traçar um panorama do aprendizado da turma. Esta reorganização cognitiva pode ser evidenciada por novas relações entre os conceitos, através do enriquecimento das proposições válidas. Ademais, ao revelar correlações entre conceitos que poderiam ser considerados independentes um MC pode indicar a ocorrência de uma reconciliação integradora.

Novak (1984) sugere uma proposta de avaliação quantitativa dos mapas conceituais. Os mesmos devem ser pontuados levando em consideração as proposições válidas, os níveis de hierarquia apresentados, as ligações feitas entre conceitos em diferentes ramificações do mapa e pelo número de exemplos válidos apresentados. No Quadro 4, a seguir, são apresentados os critérios de pontuação dos mapas conceituais.

Quadro 4 - Critérios de Avaliação dos Mapas Conceituais

Critério	Pontos Avaliados	Pontuação
Proposições	O significado dos conceitos está demonstrado pela linha que os une?	1 ponto para cada proposição válida
Hierarquia	O mapa revela hierarquia?	5 pontos para cada nível hierárquico válido
Ligações Cruzadas	O MC revela ligações entre dois conceitos?	10 pontos para cada ligação significativa e válida
	Essa ligação é significativa e válida?	2 pontos para cada ligação válida mas que não traduza qualquer síntese entre grupos de proposições
Exemplos	Objetos concretos que exemplificam os conceitos.	1 ponto para cada exemplo

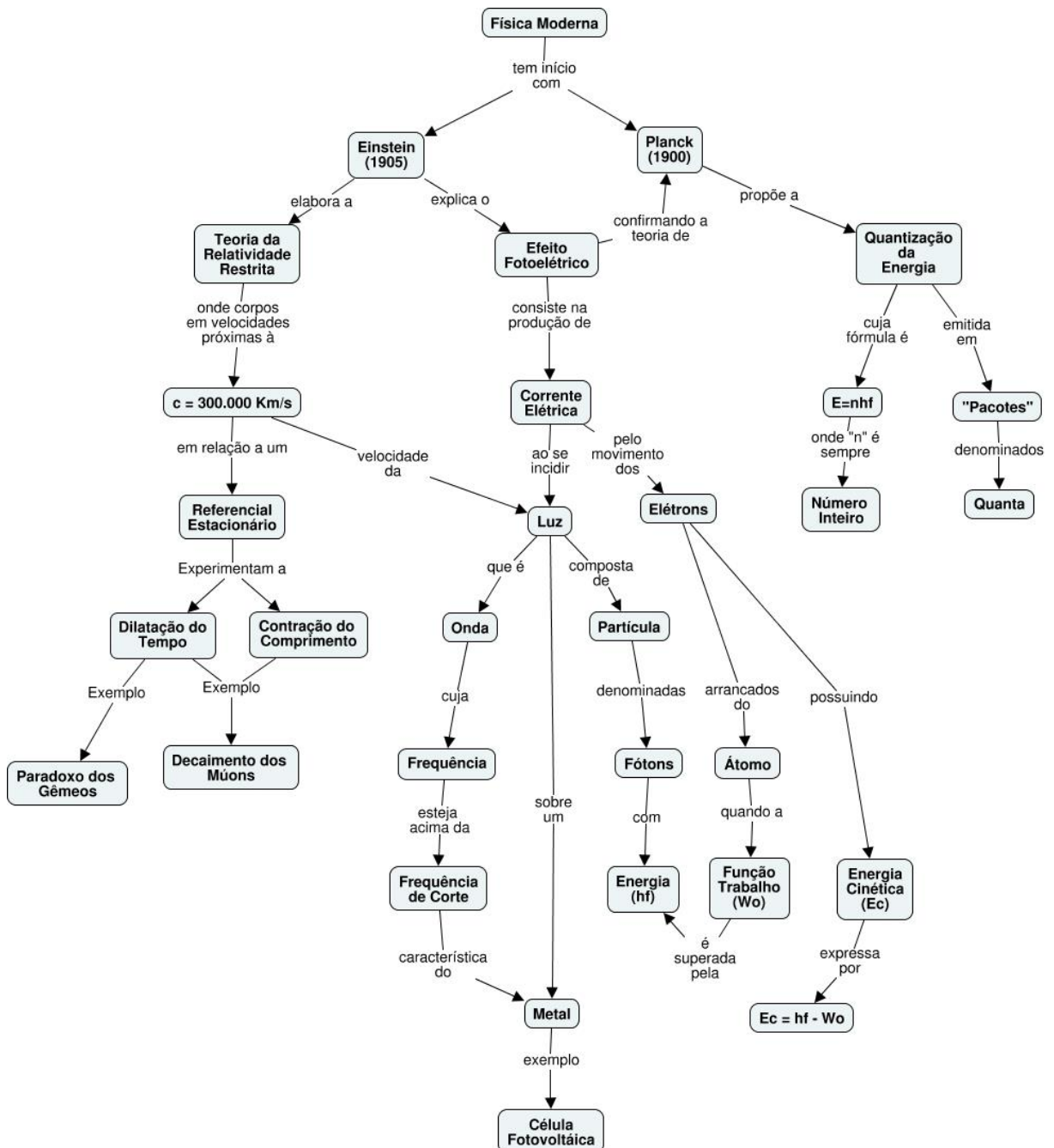
Fonte: Novak (1984).

Cada mapa conceitual tende a apresentar uma estrutura e conteúdo diferente, refletindo a organização dos pensamentos de um indivíduo em particular, assim é necessário que se crie uma forma de classificar estes mapas.

Sendo assim, uma das maneiras propostas por Novak (1984) para avaliar um MC é a construção e avaliação de um mapa conceitual elaborado pelo professor. Este mapa é criado com base no conteúdo visto em sala e tem a sua pontuação estipulada como a nota equivalente à 100% de rendimento. As pontuações dos alunos são então divididas pela pontuação do mapa de referência, resultando em uma porcentagem de aproveitamento que pode ser usada como nota.

Para a avaliação dos materiais produzidos durante a oficina, o MC de referência foi construído de forma a apresentar o maior número de ligações possíveis entre os conceitos abordados, procurando manter o nível de aprofundamento dos assuntos vistos durante as aulas. A seguir, o mapa conceitual elaborado pelo professor é apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Mapa Conceitual de Referência para a Oficina de Física Moderna



Fonte: Autor (2018).

O mapa aborda a Física Moderna, tendo nesta seu conceito principal, e se ramifica nas contribuições de Einstein e Planck para conceitos de Relatividade Restrita e Efeito

Fotoelétrico, como vistos durante as aulas. Os conceitos são apresentados em níveis hierárquicos que vão dos mais abrangentes para os mais específicos, com ramos se subdividindo em diferentes linhas de pensamento ou se reintegrando a conceitos relacionados.

Utilizando os critérios estabelecidos por Novak (1984) é possível avaliar o mapa conceitual elaborado pelo professor, atribuindo a ele uma nota que represente a pontuação equivalente à totalidade do conteúdo visto em sala. Na Tabela 1 são mostrados os escores obtidos pelo mapa conceitual de referência, bem como o número de ocorrências de cada parâmetro analisado.

Tabela 1 - Avaliação do Mapa Conceitual de Referência

	Quantidade		Valor Unitário		
Proposições Válidas	28	x	1	=	28
Hierarquia	10	x	5	=	50
Ligações Cruzadas (válida e significativa)	1	x	10	=	10
Ligações Cruzadas (válida)	2	x	2	=	4
Exemplos	3	x	1	=	3
			Valor Total		95

Fonte: Autor (2018).

A nota atribuída ao MC construído pelo professor foi de 95, representando a pontuação a ser atingida pelos alunos a fim de obter um escore de 100% em seus mapas conceituais. Apesar disso, é importante lembrar que segundo Moreira (2011) a aprendizagem significativa ocorre de maneira progressiva, assim como o domínio sobre os campos conceituais, dessa forma uma maior importância deve ser dada à observação de indícios de aprendizagem significativa do que resultados categóricos.

4.2.3.4. Questionário

Foi aplicado um questionário composto por dezessete questões, com quatro destas dedicadas a estabelecer o perfil de relacionamento do aluno com o conteúdo e o uso da internet (Q.1., Q.10., Q.11. e Q.12.), três questões abertas sobre as apreciações dos estudantes sobre a oficina (Q.13., Q.16. e Q.17.) e dez questões de múltipla escolha que foram respondidas de acordo com o nível de concordância do aluno em uma escala *Likert* de cinco

pontos (Q.2., Q.3., Q.4., Q.5., Q.6., Q.7., Q.8., Q.9., Q.14. e Q.15.). Os enunciados das questões são apresentados no Apêndice C.

A opinião dos alunos a respeito das metodologias implementadas durante a oficina foram coletadas através das questões da escala *Likert* de cinco pontos. Para medir o nível de consistência interna das respostas dos estudantes nessa porção do questionário foi utilizado o coeficiente Alfa de *Cronbach*. O Alfa de *Cronbach* foi desenvolvido por Lee J. Cronbach como um recurso estatístico na análise da consistência interna de questionários (ROCHA; RICARDO, 2014). Almeida *et al.* (2010) definem que o cálculo do coeficiente α depende da variância das respostas de cada item, bem como da variância do somatório das respostas de cada indivíduo.

O coeficiente α de *Cronbach* é calculado pela seguinte equação:

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S^2} \right) \quad (6)$$

Onde k simboliza o número de itens, n o número de respondentes, S_i^2 é a variância das respostas dadas e S^2 é a variância dos totais de cada respondente. Dessa forma, o Alfa de *Cronbach* pode assumir valores entre 0 e 1, mas apenas resultados acima de 0,7 indicam que o questionário é válido e possui consistência interna (CAVALCANTE, 2017). O cálculo do coeficiente Alfa de *Cronbach* foi elaborado com base nos dados coletados na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 - Teste de Consistência Interna das Respostas dos Alunos

Aluno	Q.2.	Q.3.	Q.4.	Q.5.	Q.6.	Q.7.	Q.8.	Q.9.	Q.14.	Q.15.	Soma dos Totais
Aluno 1	4	5	4	1	5	5	2	5	5	4	40
Aluno 2	4	5	5	1	5	5	1	5	5	3	39
Aluno 3	5	5	3	2	5	5	2	5	5	4	41
Aluno 4	4	5	5	2	5	3	3	4	5	3	39
Aluno 5	4	5	5	1	5	4	2	5	4	3	38
Aluno 6	4	4	5	1	5	3	2	3	5	4	36
Aluno 7	4	5	4	3	5	3	3	4	4	4	39
Aluno 8	5	5	4	1	5	4	3	4	5	5	41
Aluno 9	5	5	4	2	5	4	2	5	5	5	42
Aluno 10	5	5	4	2	4	4	3	5	5	5	42
Aluno 11	3	5	4	3	5	5	2	5	5	5	42
Aluno 12	5	5	5	2	5	4	3	4	5	4	42
Aluno 13	4	5	4	2	5	5	2	5	5	5	42
Variância	0,397	0,077	0,397	0,526	0,077	0,641	0,397	0,436	0,141	0,641	3,692
Alfa de Cronbach = 0,904											

Fonte: Autor (2018).

O valor obtido ao analisar os dados coletados (0,904) indica que o questionário possui uma grande consistência interna. Na próxima seção serão discutidos os dados coletados durante a pesquisa.

5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados da pesquisa são apresentados a seguir, divididos em três categorias. A primeira, Metodologias Ativas no Ensino de Física Moderna, traz uma análise dos resultados dos testes realizados durante a oficina, buscando definir o sucesso destas intervenções com base em parâmetros pré-estabelecidos pela academia. A segunda categoria, Evolução dos Conceitos e Índícios de Aprendizagem Significativa, busca identificar mudanças na organização cognitiva dos alunos através da análise dos mapas conceituais elaborados pela turma. Por fim, a terceira categoria, Perfil e Visão dos Alunos Quanto à Realização da Oficina, pretende examinar como os estudantes interagiram com as ferramentas e metodologias utilizadas, além de traçar um perfil dos participantes da oficina.

5. 1 Metodologias Ativas no Ensino de Física Moderna

Essa seção explora a aplicação e os resultados provenientes da utilização de metodologias ativas de aprendizagem, especificamente o Ensino sob Medida e a Instrução por Pares, no ensino de Física Moderna durante a oficina. O nível de conhecimento prévio dos alunos sobre o assunto a ser estudado foi avaliado, e posteriormente utilizado como base para a elaboração das aulas dialógicas. Além disso, as discussões em grupo tiveram seu impacto mensurado por testes conceituais realizados antes e depois de sua realização. As subseções a seguir apresentam estes resultados de maneira detalhada.

5. 1. 1 *Ensino Sob Medida*

A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) foi elaborada com a intenção de proporcionar uma aprendizagem significativa dos conceitos de Física Moderna. Sendo assim, foi necessário se fazer conhecer o que os alunos já sabiam, ainda que de maneira superficial ou leiga, a respeito do assunto. A metodologia Ensino sob Medida foi aplicada como parte da UEPS, seguindo a técnica apresentada por Araújo e Mazur (2013), a fim de determinar os possíveis subsunçores trazidos pelos alunos, ajudando a guiar as próximas intervenções a serem aplicadas durante a Oficina de Física Moderna, principalmente na elaboração dos testes conceituais utilizados na metodologia Instrução pelos Pares.

No caso do questionário sobre Relatividade as respostas indicaram uma maior confusão dos alunos com relação ao tema. Pelo fato do conteúdo de Física Moderna não ter

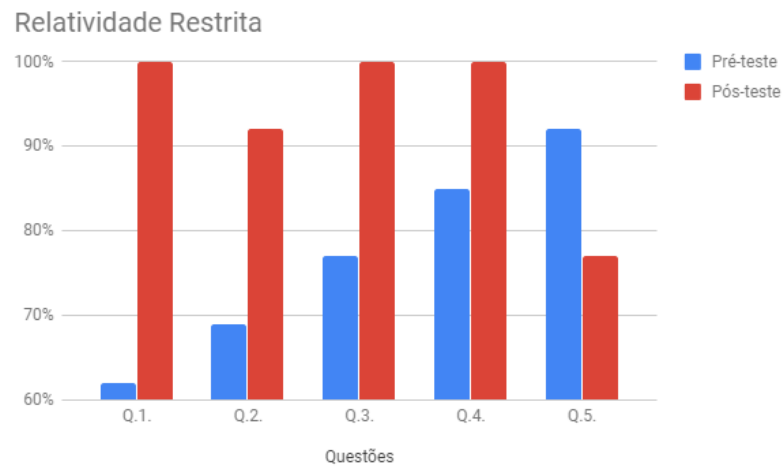
sido visto pelos alunos durante o Ensino Médio era de se esperar que a relação dos mesmos com conceitos de Relatividade Restrita estivesse limitada a obras de ficção, o que foi confirmado pelas respostas coletadas. As réplicas dos alunos ajudaram a definir o discurso utilizado durante a aula dialógica, buscando estabelecer ligações entre a Física Moderna e filmes e séries familiares aos alunos.

As respostas dos alunos revelaram um bom nível de conhecimento sobre energia e o comportamento da luz, o que já era esperado em uma turma do último período do curso técnico em Eletrotécnica. Não houve respostas erradas, no entanto cada estudante respondeu à sua maneira, revelando diferentes graus de familiaridade com os conceitos abordados. As respostas à questão E.2. indicaram que os alunos podem ter acesso a certas ideias científicas através de produtos de cultura de massa. Metade dos alunos relatou ter ouvido o termo “fóton” em jogos, livros, ou programas de televisão. Novamente, o conhecimento comum proveniente do entretenimento de massa se fez presente, uma vez que a ficção científica apresenta-se como um meio de popularizar e divulgar certos aspectos científicos.

5. 1. 2 Instrução por Pares

Cada uma dessas atividades foi realizada em dias diferentes e após uma rápida aula teórica sobre os assuntos abordados. Os questionários utilizados foram compostos por 05 questões de múltipla escolha, com cada uma contendo apenas um item correto. A primeira intervenção, sobre Relatividade Restrita, teve a participação de 13 alunos que responderam à primeira votação de forma individual. Para a etapa de argumentações a turma foi dividida em 3 grupos contando com 3 estudantes, enquanto o último um grupo foi composto por 4 participantes. A seguir, no Gráfico 1, são apresentados os resultados dessa atividade.

Gráfico 1 - Pré-Teste x Pós-Teste da Atividade sobre Relatividade Restrita



Fonte: Autor (2018).

É possível notar que durante a primeira fase a turma obteve uma porcentagem de acertos superior à 70% nas questões Q.3., Q.4. e Q.5.. No entanto, optou-se pela realização de uma segunda votação para estas questões com o intuito de avaliar o impacto que as discussões em grupo poderiam ter sobre as respostas da turma. Após a fase das argumentações em grupo, avaliando apenas as primeiras questões (Q.1., Q.2., Q.3. e Q.4.), nenhum aluno que havia respondido corretamente à primeira votação mudou sua resposta durante a etapa seguinte. A questão “Q.5.” foi a única na qual ocorreu uma diminuição no número de acertos entre o pré-teste e o pós-teste, com esse resultado podendo ser atribuído ao pouco tempo destinado à apresentação do conteúdo estudado.

Utilizou-se o ganho normalizado g para determinar o nível de evolução obtido pela turma ao comparar a média de acertos no pré-teste e no pós-teste. Segundo os critérios estabelecidos por Hake (1998), por ter obtido um valor de g superior a 0,7, é possível afirmar que a turma se enquadra no perfil de alto ganho. Os resultados dessa intervenção estão expostos na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - Ganho Normalizado da Atividade sobre Relatividade Restrita

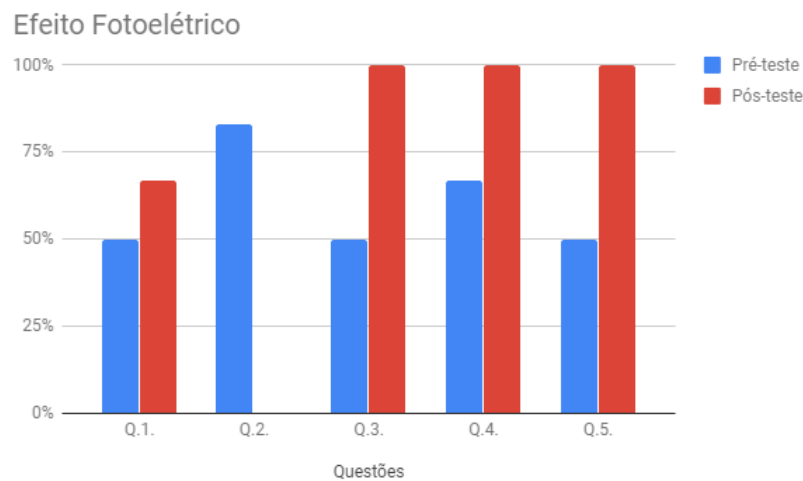
Relatividade Restrita - Média de Acertos da Turma			
Nº de Alunos	Pré-Teste	Pós-Teste	Ganho Normalizado
13	76,67%	95,00%	0,7857

Fonte: Autor (2018).

A atividade sobre Efeito Fotoelétrico contou com 12 participantes que responderam às questões inicialmente de maneira individual, sendo distribuídos em grupos de 3 alunos durante a fase de discussões. Nas questões Q.1., Q.3., Q.4. e Q.5. houve um aumento no

número de respostas corretas durante a segunda votação, com as 3 últimas perguntas alcançando uma porcentagem de acerto de 100% após a interação entre os alunos. Na questão Q.2., por questões de tempo, optou-se por seguir os procedimentos já estabelecidos na literatura para a aplicação da “Instrução pelos Pares”, seguindo para o próximo tópico ao se obter um percentual de acertos igual ou superior à 70% já na primeira votação. Dessa forma, dispensou-se a fase de discussões para essa questão específica. A seguir é apresentado, no Gráfico 2, as porcentagens de acertos no pré-teste e no pós-teste.

Gráfico 2 - Pré-Teste x Pós-Teste da Atividade sobre Efeito Fotoelétrico



Fonte: Autor (2018).

Os resultados da aplicação desta atividade indicam que houve uma maior segurança por parte dos alunos. Não houve casos em que os participantes que acertaram as questões da primeira fase, após trocarem ideias com os colegas, escolheram alternativas erradas. Além disso, nas questões Q.3., Q.4. e Q.5., após a etapa de argumentações entre os pares, todos os alunos escolheram a opção correta. Fato também observado em 3 das questões (Q.1., Q.3. e Q.4.) do teste sobre Relatividade Restrita.

Ao avaliar o ganho normalizado g obtido pela turma ao responder o questionário sobre Efeito Fotoelétrico, observa-se um ganho de aproximadamente 0,79. Este resultado, por ser superior a 0,7, indica que a classe se encontra no grupo de alto ganho. A seguir, a Tabela 4 apresenta as médias de acertos no pré-teste e pós-teste, bem como o ganho normalizado g obtido.

Tabela 4 - Ganho Normalizado da Atividade sobre Efeito Fotoelétrico

Efeito Fotoelétrico - Média de Acertos da Turma			
Nº de Alunos	Pré-Teste	Pós-Teste	Ganho Normalizado
12	60,00%	91,67%	0,7916

Fonte - Autores (2018).

Durante a aplicação dos testes conceituais observou-se que a turma permaneceu atenta e engajada durante todo o tempo. Os alunos promoveram debates produtivos em seus grupos, com os colegas mais capazes desempenhando o papel de instrutores de seus pares. Foi notável o silêncio que se fez na sala de aula e o nível de atenção desprendido pelos alunos ao saberem que a quinta questão (Q.5.) do teste sobre Efeito Fotoelétrico fora retirada do Enem. Esse tipo de alteração no comportamento da turma pode indicar a importância que os alunos, próximos ao fim do Ensino Médio, dão a essa prova.

A intervenção se mostrou exitosa ao produzir resultados que apontam o alto rendimento da turma nos testes conceituais realizados. Além disso, os ganhos comparados entre pré e pós-testes mostram que houve uma evolução conceitual promovida pelas discussões entre os colegas. Na próxima seção, será abordada a análise dos mapas conceituais produzidos durante a oficina em busca de indícios de uma aprendizagem significativa.

5. 2 Evolução dos Conceitos e Indícios de Aprendizagem Significativa

Nesta seção, faremos uma análise dos mapas conceituais construídos pelos alunos ao início e ao fim da oficina. A investigação será conduzida de maneira quantitativa, ao levar em consideração as pontuações obtidas pelos alunos antes e após a oficina, bem como de modo qualitativo, ao estudar os conceitos e ligações cognitivas demonstrados pelos estudantes.

Para Tavares (2007) é possível classificar os mapas conceituais em quatro categorias principais a partir do seu formato. Dessa forma, os modelos de mapas conceituais mais encontrados são do tipo: hierárquico, entrada e saída, aranha e fluxograma. Os alunos foram apresentados ao modelo hierárquico, sendo este o único tipo de mapa produzido pela turma.

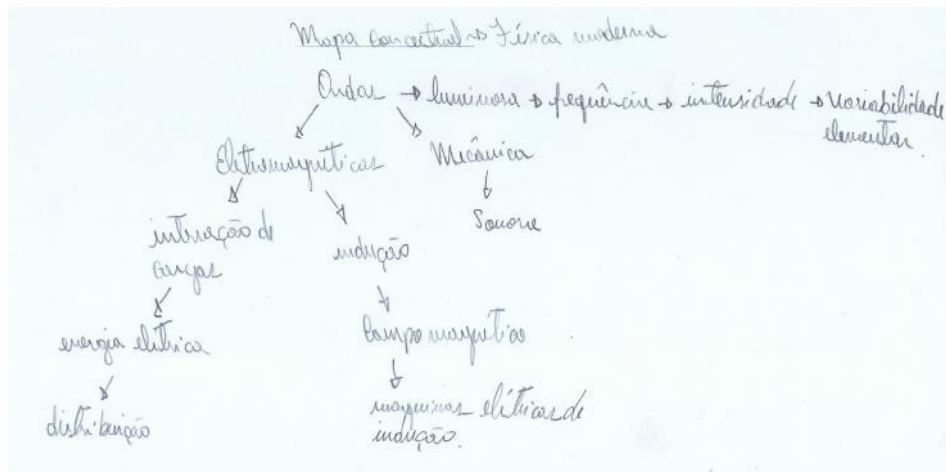
Gomes, Caetano e Alves (2017) descrevem o modelo hierárquico de MC como aquele que apresenta o conceito mais geral na parte superior, com cada nível seguinte exibindo conceitos progressivamente mais específicos. Os autores ainda apontam que em um MC dessa

categoria é necessário verificar a conexão entre os conceitos e se os mesmos estão organizados de maneira clara.

Os mapas construídos pelos alunos durante o pré-teste e o pós-teste foram classificados de acordo com seu conteúdo e a forma como os conceitos foram expostos, o que pode indicar certas escolhas e mudanças na maneira dos estudantes se relacionarem com o assunto estudado ao longo da oficina.

O aluno 06 apresentou, no pré-teste, um mapa conceitual que apenas tocou tangencialmente o tema proposto, apresentando ideias ligadas ao surgimento e evolução da vida na Terra. Isso pode ser atribuído ao fato de que os alunos possuíam apenas conhecimentos superficiais e de senso comum acerca do tema. No entanto, o mapa apresentado pelo mesmo aluno após a realização da oficina continuou confuso e, apesar de apresentar alguns conceitos de FM, também abordou assuntos alheios ao tema solicitado. Isso pode indicar falta de atenção ou indisposição em expor seus pensamentos de maneira crítica. Além disso, o aluno não utilizou palavras de ligação para formar proposições, o que pode ser visto em seu pós-teste apresentado na Figura 7, a seguir.

Figura 7 - Mapa Conceitual elaborado pelo Aluno 06 (Pós-Teste)

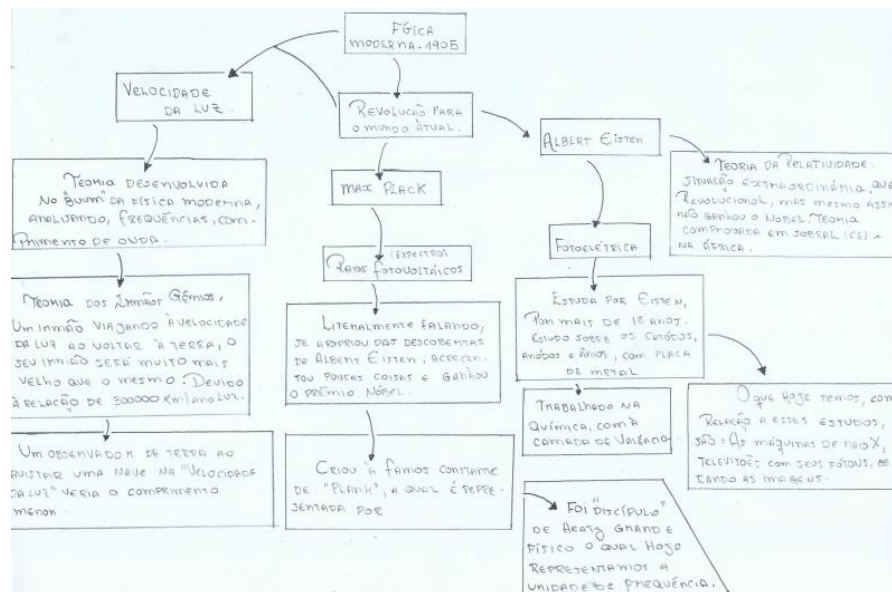


Fonte: Autor (2018).

A falta de palavras de ligação para conectar os conceitos nos mapas elaborados também foi observada no pré-teste e no pós-teste dos alunos 08 e 09. Apesar disso, os MC construídos por esses estudantes ao fim da oficina demonstraram que houve uma evolução em suas concepções. A falha em tecer proposições válidas, utilizando termos de ligação, pode ser atribuída à uma possível falta de atenção às explicações do professor, ou ainda ao curto espaço de tempo destinado às orientações sobre a construção dos mapas conceituais.

Além disso, foi possível notar que o Aluno 09 atribuiu grande importância aos fatos históricos que permeiam a elaboração da Teoria da Relatividade e o Efeito Fotoelétrico. A introdução de uma visão histórica da Ciência nas aulas, segundo Solbes e Traver (2003), é um fator que pode impactar positivamente em como os estudantes se relacionam com a matéria estudada, o que pode ser notado no pós-teste do Aluno 09, mostrado na figura 8 a seguir.

Figura 8 - Mapa Conceitual elaborado pelo Aluno 09 (Pós-Teste)

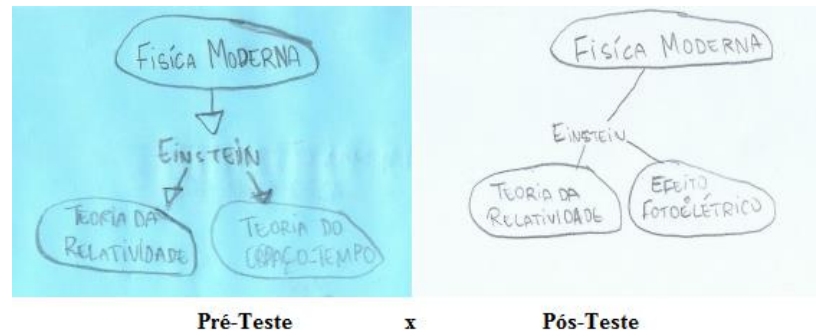


Fonte: Autor (2018).

No mapa produzido pelo Aluno 09 é possível notar um forte apego à narrativa e à sequência histórica dos fatos apresentados durante as aulas. Apesar do aluno apresentar informações válidas, chegando até a descrever com certo grau de clareza o paradoxo dos gêmeos, a falta de termos de ligação impossibilitou que suas proposições fossem consideradas válidas segundo os critérios de avaliação estabelecidos.

Já o Aluno 02 produziu, ao pré e ao pós-teste, MCs que se valiam de ideias de senso comum, o que revela que nesse caso não houve indícios de evolução dos conceitos. A única alteração apresentada pelo segundo mapa, ao ser comparado com o primeiro, foi a utilização do termo "Efeito Fotoelétrico" em substituição à "Teoria do Espaço-Tempo", como apresentado na Figura 9, a seguir.

Figura 9 - Comparação entre os Mapas Conceituais elaborados pelo Aluno 02



Fonte: Autor (2018).

É possível notar que, apesar de muito modesta, houve uma certa evolução nos conceitos apresentados pelo aluno. O tamanho diminuto dos mapas apresentados, no entanto, pode sugerir uma falta de interesse do estudante em participar da atividade ou pouca segurança em expressar suas ideias, mesmo que de forma anônima.

Os demais alunos (01, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10), apresentaram mapas conceituais que retrataram, em diferentes graus, os conhecimentos adquiridos durante a oficina. A seguir, as pontuações provenientes de uma análise quantitativa dos mapas produzidos pelos alunos a são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Pontuações dos Mapas Conceituais Elaborados Pelos Alunos

	Proposições Válidas		Hierarquia		Ligação Cruzada Significativa		Ligação Cruzada sem Síntese		Exemplos		Total	
	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste
Aluno 01	5	5	15	25	0	0	0	0	2	1	22	31
Aluno 02	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	10	10
Aluno 03	0	8	15	15	0	0	2	2	5	1	22	26
Aluno 04	4	13	25	25	0	0	0	0	0	0	29	38
Aluno 05	4	8	20	25	0	10	0	0	0	2	24	45
Aluno 06	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
Aluno 07	2	6	15	25	0	0	0	0	0	0	17	31
Aluno 08	0	0	0	20	0	0	0	0	5	0	5	20
Aluno 09	0	0	20	30	0	0	0	0	0	0	20	30
Aluno 10	8	11	15	20	0	0	0	0	4	2	27	33

Fonte: Autor (2018).

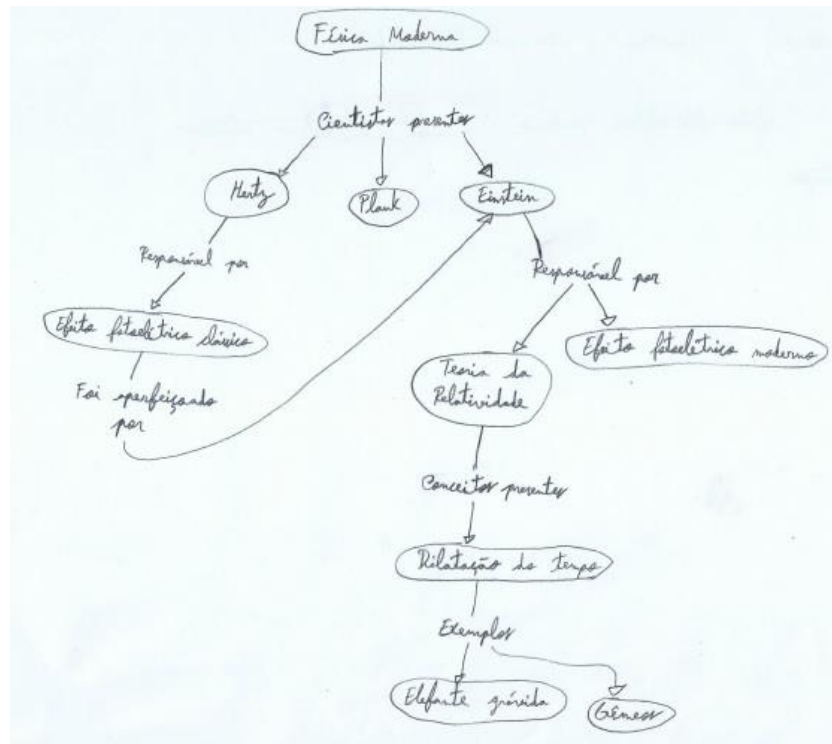
Analisando de maneira quali-quantitativa os mapas desenvolvidos pelos alunos ao início e ao fim da oficina é possível notar que, enquanto em alguns critérios não houve melhora nas notas, de maneira geral, houve uma evolução na complexidade dos MC elaborados. Apenas um aluno obteve a mesma pontuação nos dois mapas criados, enquanto que todos os outros atingiram certo nível de progresso.

Além disso, destaca-se o fato de que uma parcela significativa dos alunos não compreendeu a ideia das frases ou palavras de ligação, que definem a conexão lógica entre conceitos. Isso pode ser atribuído a uma possível falha de comunicação durante a instrução dada pelo professor, ou pelo curto tempo da oficina. Por outro lado, um aumento nos níveis hierárquicos válidos foi observado em 70% dos mapas avaliados, com os demais tendo mantido a mesma nota obtida no pré-teste.

Esses dados indicam a ocorrência de uma diferenciação progressiva, que segundo Moreira (2006) resulta do contínuo uso de um subsunçor levando-o a adquirir novos significados. Quando o aluno acrescenta novos níveis hierárquicos a um MC é possível notar a associação de novos conceitos subordinados àqueles inicialmente estabelecidos.

A ocorrência de ligações cruzadas, indicadoras de uma possível reconciliação integradora (NOVAK, 1984), foi observada em dois mapas conceituais. Em apenas um destes casos a ligação cruzada apresentou uma associação significativa entre diferentes segmentos da hierarquia conceitual. Mais uma vez, é possível que esse achado se deva ao curto espaço de tempo no qual os alunos tiveram contato com os conceitos de Física Moderna. É admissível supor que um maior número de aulas seria necessário até que uma apropriação mais completa das ideias e, conseqüentemente, maior possibilidade de conexões entre conceitos inicialmente distintos se mostrasse mais recorrente. O mapa conceitual elaborado pelo Aluno 05 durante o pós-teste mostra indícios de diferenciação progressiva e reconstrução integradora e é apresentado na Figura 10, a seguir.

Figura 10 - Mapa Conceitual do Aluno 05 (Pós-Teste)



Fonte: Autor (2018).

Assim como no questionário aplicado na turma, alguns dos exemplos apresentados pelos alunos em seus primeiros mapas conceituais fazem referência a elementos presentes em obras ficcionais como filmes, livros e programas de televisão. Durante as aulas pode-se notar o interesse dos alunos ao falarem sobre episódios específicos de séries de tv ou do enredo de filmes que abordavam conceitos de relatividade. Nesse caso, é possível assumir que as obras de ficção são capazes de apresentar ideias científicas de maneira atrativa, criando subsunções que podem ser trabalhados de forma mais aprofundada em sala de aula (LIMA; RICARDO, 2015).

5. 3 Perfil e Visão dos Alunos Quanto à Realização da Oficina

Analisando as respostas das questões Q.1., Q.10., Q.11. e Q.12. do questionário aplicado ao fim da oficina, é possível notar que todos os respondentes afirmaram ter acesso à internet em seus domicílios. Destes, 92% possuem *smartphones*, e todos se utilizam da internet para complementar o que é visto em sala de aula, procurando outros materiais de estudo. E apenas um aluno afirmou já ter tido contato com o assunto “Física Moderna” durante o Ensino Médio.

Essas características apontadas pelo questionário confirmam a ideia de que os estudantes de hoje, que podem ser considerados nativos digitais (PRENSKY, 2001), possuem uma forma diferente de se relacionar com as informações e com os conteúdos vistos em sala de aula. O professor não é a única fonte de conhecimento e o aluno é livre para encontrar meios diversos de informação que se adequem ao seu ritmo e particularidades.

O fato de o uso de smartphones ser tão difundido em nossa sociedade abre uma oportunidade para que o professor se utilize de recursos que explorem essa ferramenta, integrando-o à atividade pedagógica. O uso do *Google Sala de Aula* como forma de agregar os materiais disponibilizados aos estudantes durante a oficina, também permite que os mesmos sejam notificados em seus smartphones a cada nova atividade ou recurso adicionado pelo professor.

O acesso quase que constante à internet dos dias de hoje também facilitou a utilização de um modelo de ensino híbrido durante a oficina. Segundo Moran (2015) o ensino híbrido não existe em oposição ao ensino tradicional, sendo caracterizado pela flexibilização do processo educacional, adequando-se às necessidades do aluno. A disponibilização de um ambiente virtual de aprendizagem também permite que os estudantes possam interagir com o material de estudo mesmo fora da sala de aula, contribuindo para que os aprendizes desempenhem um papel mais ativo no processo de aquisição de conhecimento (SILVA, SILVA, SALES; 2018).

Apesar disso, optou-se por minimizar o uso da internet durante as aulas presenciais, para não penalizar os estudantes que não possuem planos de dados móveis. O IFCE é uma escola pública com uma infraestrutura, no entanto foi necessário adequar as posturas da pesquisa de modo que a experiência pudesse ser replicada no maior número possível de escolas.

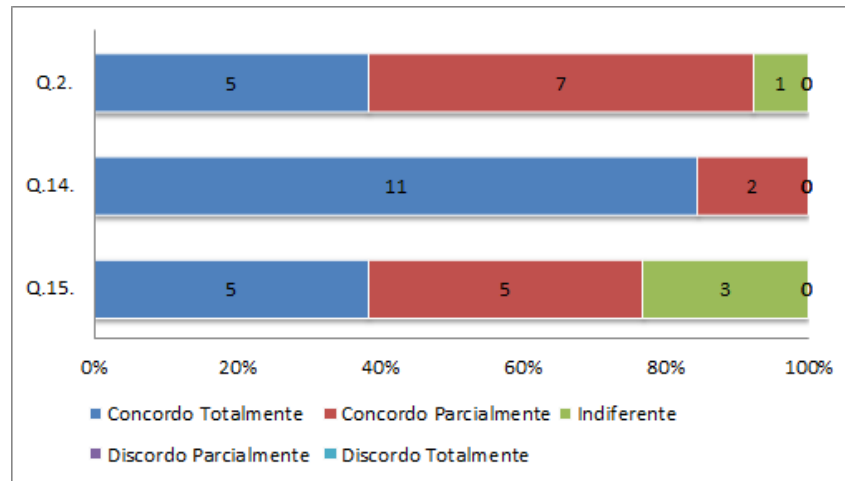
5. 3. 1 Análise das Questões na Escala Likert

Para melhor organizar e expor os dados coletados a partir das perguntas elaboradas com base na escala *Likert*, as mesmas foram agrupadas de acordo com seus objetivos.

As questões Q.2., Q.14. e Q.15. tiveram como objetivo determinar a maneira com a qual os alunos se relacionam com o conteúdo abordado em sala de aula, bem como investigar o grau de motivação que a presença destes assuntos em uma avaliação como o ENEM pode inculir nos mesmos. Constatou-se que 92,31% dos alunos acredita que é possível relacionar elementos da Física Moderna a situações do dia a dia. Ao mesmo tempo, 100% dos estudantes afirmaram que é importante que se aborde questões do ENEM em sala de aula, e 76,92% dos

entrevistados estudam com mais afinco os assuntos mais prováveis de estarem na prova supracitada. As respostas dos alunos às proposições estão compiladas no Gráfico 3, abaixo.

Gráfico 3 - Visão dos Estudantes com Relação à Física Moderna e ao ENEM



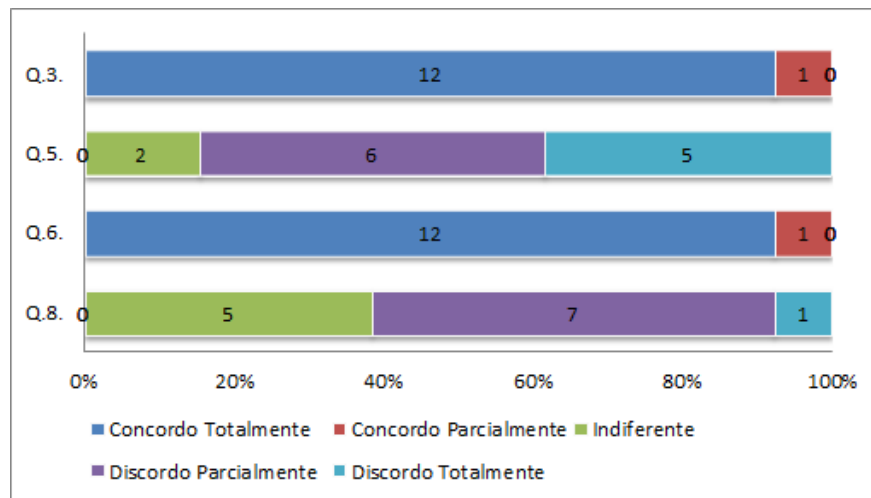
Fonte: Autor (2018).

Dessa forma, é possível inferir que a importância atribuída ao ENEM pelos alunos pode influenciar na disposição que os mesmos demonstram com relação à matéria vista em sala de aula. Esse comportamento pôde ser notado quando, durante a realização do teste conceitual sobre Efeito Fotoelétrico, os alunos se mostraram mais atentos e focados em suas discussões com os colegas, ao resolverem uma questão que havia sido retirada de uma edição passada do ENEM. Sendo assim, e somando-se a isso o fato de que é possível relacionar elementos da FM à fenômenos do cotidiano, o professor poderia se utilizar destes elementos para promover uma atitude potencialmente significativa por parte de seus alunos.

As assertivas Q.3., Q.5., Q.6. e Q.8. tiveram como objetivo analisar a visão dos alunos com relação às ferramentas pedagógicas empregadas durante a oficina. Dessa forma, analisando as respostas às questões Q.3. e Q.6., observou-se que 100% dos alunos declararam concordar com as proposições de que o uso de vídeos, animações e simulações pode ajudar a ilustrar conceitos abordados durante as aulas. Ao mesmo tempo, as respostas às questões Q.5. e Q.8. mostram que, respectivamente, 84,62% e 61,54% dos respondentes rejeitam as hipóteses de que se aprende melhor fazendo uso apenas do livro didático e que o ensino tradicional é o mais eficiente.

No Gráfico 4, a seguir, são apresentadas as opiniões dos alunos quanto às ferramentas que podem ser utilizadas para favorecer o aprendizado.

Gráfico 4 - Ferramentas Digitais e Métodos Tradicionais de Ensino

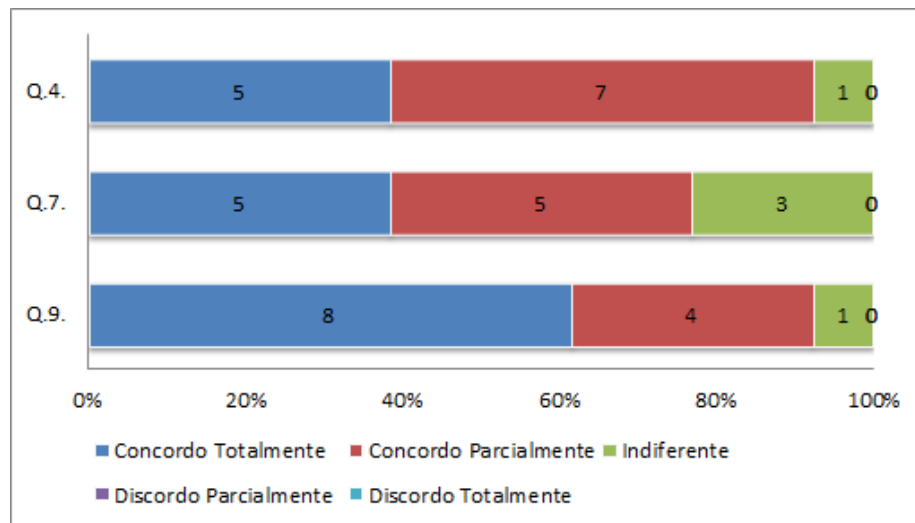


Fonte: Autor (2018).

Buscou-se, através das questões Q.4., Q.7. e Q.9., analisar as opiniões dos alunos com relação às metodologias utilizadas durante as aulas. Os dados coletados apontam que 92,31% dos alunos acreditam que podem se beneficiar da explicação de um colega mais capaz para compreender os conceitos abordados durante a explanação do professor. Além disso, 76,92% dos estudantes consideraram que as discussões com os colegas durante as atividades de Instrução pelos Pares contribuíram para que os mesmos compreendessem o conteúdo exposto durante a oficina. Ademais, 92,31% dos alunos acreditam que o professor deva se utilizar de outros recursos didáticos além do quadro e giz.

As respostas dos estudantes indicam que a adoção de metodologias ativas, como a Instrução pelos Pares, é vista com bons olhos pelos mesmos. Práticas pedagógicas que retiram o aluno da posição de mero receptor do conhecimento, fomentando seu protagonismo durante o processo de aprendizagem criam um maior engajamento dos estudantes (RIBAS, 2012). Além disso, para Vygotsky (1984) o aprendizado de novos conceitos se dá através da interação entre os indivíduos e, segundo Lasry (2008) a IpP contribui para a criação de um ambiente onde os alunos são estimulados a discutirem entre si e com o professor na busca por novas conclusões. As respostas dos alunos às essas questões são apresentadas no Gráfico 5, a seguir.

Gráfico 5 - Metodologias e Instrumentos Utilizados Durante a Oficina



Fonte: Autor (2018).

As questões Q.13., Q.16 e Q.17, por serem abertas, permitiram que os alunos se expressassem com maior liberdade, declarando suas opiniões sobre as atividades realizadas. Sobre o uso de jogos educacionais durante as aulas, e se os mesmos podem auxiliar na compreensão de conceitos, o aluno 03 declarou: *“Sim, pois fica mais fácil de entender o que está sendo estudado, de uma forma até mais simples e dinâmica que apenas lendo ou fazendo exercícios”*. As respostas da turma, de maneira geral, foram similares à do aluno 3 no que diz respeito ao uso de jogos durante as lições, com dois alunos não se sentindo aptos a responder por terem faltado à aula em que o jogo “Pato Quântico” foi utilizado.

Para o aluno 9 *“... é bom que o professor vá auxiliando o entendimento ao decorrer do jogo em questão!”*, enquanto o aluno 12 destaca que *“... depende do foco do professor e como ele foca os alunos para não somente brincar.”*. Ambos apontam para o fato de que a presença do professor é indispensável no processo de ensino, planejando as atividades e guiando os estudantes na utilização dos diferentes recursos educacionais utilizados.

Nas questões Q.16. e Q.17. os alunos foram convidados a destacar os pontos positivos e negativos da oficina, bem como a dar sugestões sobre como melhorar a experiência dos estudantes em uma possível nova aplicação da pesquisa. Um dos pontos positivos presente nos discursos de quase todos os alunos foi o alto nível de interação com a matéria estudada. Além disso, 3 alunos (04, 05 e 07) citaram que a oficina trouxe um assunto que não se vê normalmente no Ensino Médio.

O aluno 13 destaca ainda que *“O ponto positivo é que por ser um assunto muito interessante, o aluno sente-se fascinado e com um maior interesse em entender o conteúdo, o*

ponto negativo é de que o assunto referido não é abordado costumeiramente no ENEM.”, demonstrando que a Física Moderna pode despertar a admiração dos alunos, além da influência que essa avaliação exerce sobre o jovem que cursa o Ensino Médio.

O ponto negativo mais destacado foi o curto tempo de duração da oficina, que também foi citado nas sugestões dadas pelos alunos. As respostas dos alunos foram bem mais sucintas na última questão, possivelmente pela extensão do questionário que pode ter cansado os respondentes ao longo de suas 17 questões.

De maneira geral, pode-se considerar que a intervenção pedagógica realizada durante a oficina de Física Moderna foi capaz de engajar os alunos, criando um ambiente que estimula a interação com os conceitos estudados. O resultado do questionário aponta para uma alta aceitação das metodologias utilizadas, sendo possível assumir que o estudo de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio pode se beneficiar de práticas educacionais que fujam do ensino tradicional.

6 CONCLUSÃO

Apesar da importância do ensino de Física Moderna (FM) no Ensino Médio (EM) ser reconhecida pelo meio acadêmico, com diversos trabalhos traçando meios para sua implementação, na prática esse tema muitas vezes não está presente nas salas de aula. Seja por falta de tempo, pela ênfase exagerada em assuntos de Física Clássica, ou por uma formação profissional que não prepara o professor para abordar esse tema com segurança, a FM acaba sendo deixada de lado ou vista de maneira superficial na maioria das escolas.

Sendo assim, faz-se necessária a implementação de atitudes que possam contribuir para uma abordagem efetiva desses conceitos em sala de aula. Além disso, é de suma importância que o aprendizado desses temas se dê de maneira significativa. Para isso uma série de ferramentas e metodologias podem ser empregadas, colocando o estudante em uma posição de protagonismo do processo de aprendizagem.

Para promover uma Aprendizagem Significativa (AS) é necessário que três requisitos sejam levados em consideração: os conhecimentos prévios trazidos pelos alunos, o uso de materiais potencialmente significativos e que o aluno apresente uma atitude potencialmente significativa com relação ao assunto estudado. O uso de metodologias ativas, organizadas em uma sequência didática, em conjunto com ferramentas digitais pode criar um ambiente que possa propiciar as condições necessárias para a ocorrência de uma AS.

Este trabalho propôs-se a investigar a utilização de metodologias ativas, mais especificamente o Ensino Híbrido (EH), o Ensino sob Medida (EsM) e a Instrução por Pares (IpP), organizadas em uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) e com o auxílio de ferramentas digitais para o ensino de FM. A pesquisa foi conduzida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), no campus Fortaleza, com alunos do Ensino Médio Integrado do curso de Eletrotécnica no formato de uma Oficina de Física Moderna.

Mesmo sendo o IFCE uma instituição que oferece um Ensino Médio com qualidade acima da média, os alunos sujeitos da pesquisa, estando no último período, não haviam tido contato com a FM. Essa condição é sintomática e repetida em muitas escolas, onde o ensino de FM é relegado a um capítulo isolado visto, geralmente, no último bimestre da 3ª série do EM, ou simplesmente ignorado como um todo.

Os Mapas Conceituais (MC) construídos no início da oficina e os questionários do EsM mostraram que mesmo não tendo visto o assunto de maneira formal, os alunos

demonstraram possuir, em diferentes níveis, conhecimentos prévios de FM trazidos pela interação com produtos de cultura popular, como filmes, séries de tv e histórias em quadrinhos. Isso indica que a FM não é um assunto apartado do cotidiano dos estudantes e que é possível criar maneiras de tornar o ensino de FM atrativo, engajando os alunos.

Ao utilizar o Google Sala de Aula (GSA) como ferramenta para possibilitar um EH, foi possível aumentar o nível de interação entre professor e alunos. Entre as vantagens da utilização desta plataforma estão a facilidade na utilização da mesma pelos alunos, a integração a vários recursos do Google, como o Formulários Google, Gmail, o Youtube e o Google Drive, e o fato de ser gratuito. Além disso, quase todos os alunos já possuíam contas no Gmail e smartphones, facilitando a comunicação com o professor.

A implementação da IpP se deu utilizando o aplicativo Plickers como forma de coletar os dados das votações de maneira rápida e precisa. Pode-se notar pelos resultados obtidos que a discussão entre os pares foi um elemento capaz de levar a um enriquecimento dos conceitos dos alunos. Além disso, ao favorecer a argumentação a IpP permite a troca de diferentes interpretações do assunto entre os alunos, onde o colega mais capaz realiza a função de tutor dos demais.

O uso de mapas conceituais permitiu a detecção de evidências de aprendizagem significativa durante a pesquisa. A comparação entre os MC construídos no início e ao final da oficina levou à constatação de que, na grande maioria dos casos, novos significados foram abordados à estrutura cognitiva dos alunos, bem como novas ligações foram estabelecidas entre conceitos.

Ao organizar as atividades da oficina em uma UEPS foi possível aplicar e analisar cada etapa da pesquisa em busca de evidências de uma aprendizagem significativa dos conceitos de FM. Além disso, uma vez que a AS é um processo progressivo, o uso da UEPS permitiu uma avaliação contínua da aprendizagem dos alunos. Os resultados obtidos apontam que o uso da UEPS levou à uma aprendizagem significativa por parte dos alunos. Ademais, os alunos demonstraram uma grande aceitação quanto às metodologias utilizadas, corroborando a noção de que atividades que dão o protagonismo ao estudante são capazes de favorecer uma atitude potencialmente significativa.

Além disso, buscou-se fazer uso de materiais e ferramentas que pudessem ser utilizados em qualquer escola, independentemente de infraestrutura ou recursos financeiros. Todas as ferramentas empregadas são gratuitas e exigem o mínimo conectividade em sala de aula, mas ainda permitindo que professor e turma possam interagir de maneira ativa.

No entanto, é preciso destacar o curto período de tempo no qual se deu a oficina. Acredita-se que devido ao pequeno número de aulas não foi possível evidenciar resultados ainda melhores nas atividades realizadas pelos estudantes, principalmente ao analisar os mapas conceituais elaborados ao fim da pesquisa.

Dessa forma considera-se que a pesquisa foi exitosa, apresentando uma sequência didática capaz de engajar os alunos e promover uma aprendizagem significativa dos conceitos de Física Moderna. Em futuros trabalhos, almeja-se verificar se com mais tempo dedicado à realização das aulas seria possível obter resultados mais significativos.

REFERÊNCIAS

AGAZIO, Janice; BUCKLEY, Kathleen M.. An Untapped Resource. **Nurse Educator**, [s.l.], v. 34, n. 1, p.23-28, jan. 2009. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).
<http://dx.doi.org/10.1097/01.nne.0000343403.13234.a2>.

AL-MAROOF, Rana A. Saeed; AL-EMRAN, Mostafa. Students Acceptance of Google Classroom: An Exploratory Study using PLS-SEM Approach. **International Journal Of Emerging Technologies In Learning (ijet)**, [s.l.], v. 13, n. 06, p.112-123, 29 maio 2018. International Association of *Online* Engineering (IAOE).
<http://dx.doi.org/10.3991/ijet.v13i06.8275>

ALMEIDA, D; SANTOS, M. A. R.; COSTA A. F. B. **Aplicação do Coeficiente Alfa de Cronbach nos Resultados de um Questionário para Avaliação de Desempenho da Saúde Pública**. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2010. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_131_840_16412.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2018

ALVETTI, M. A. S. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química. **Educación Química**, v. 15, n. 03, p. 01-75, 2004.

ARAUJO, I. S., MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 30, n. 2, p.362-384, 17 abr. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n2p362>.

ARTIGUE, M. Engenharia Didática. In: BRUN, J. **Didática das Matemáticas**. Tradução de: Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. Cap. 4. p. 193-217, 1996.

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1968.

BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. **Problem Based-Learning: An Approach to Medical Education** (Springer, New York, 1980), v. 1, p. 224

BEICHNER, R. J.; SAUL, J. M.; ABBOTT, D. S.; MORSE, J. J.; DEARDORFF, D. L.; ALLAIN, R. J.; BONHAM, S. W.; DANCY, M. H.; RISLEY, J. S. in: **PER-Based Reform in University Physics**, editado por E.F. Redish e P.J. Cooney, American Association of Physics Teachers, Maryland, 2007.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/download-da-bncc>> Acesso em 20.03.2018.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio**. Brasília: MEC, Secretaria de Educação Básica, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio(PCNEM)**. Brasília: MEC, Secretaria de Educação Básica, 2000.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10(3), p. 387-404, 2005.

BROWN, G., PENDLEBURY, M. **Assessing Active Learning: Effective Learning and Teaching in Higher Education**, Module 11, Part 1, Sheffield: CVCP Universities Staff Development and Training Unit, 1992.

CAVALCANTE, C. G. **Concepções alternativas sobre a natureza da ciência no contexto da formação inicial de professores de Física do IFCE**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2017.

CHRISTENSEN, C.; HORN, M.; STAKER, H. **Ensino Híbrido: uma Inovação Disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos**, 2013. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/porvir/wp-content/uploads/2014/08/PT_Is-K-12-blended-learning-disruptive-Final.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2018.

DISESSA, A. A. Knowledge in pieces. In G. Foreman & P. Pufall (Eds.), **Constructivism in the computer age** (pp. 49–70). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.

DISESSA, A. A. Toward an epistemology of physics. **Cognition and Instruction**, 10(2/3), 105–225, 1993.

DOMINGUINI, L., MAXIMIANO, J. R., CARDOSO, L. **Novas abordagens do conteúdo Física Moderna no Ensino Médio público do Brasil**, IX ANPED Sul – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, Caxias do Sul, 2012.

DUIT, R. The constructivist view in science education -- what it has to offer and what should not be expected from it. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 40-75, 1996.

DUIT, R. La investigación sobre enseñanza de las ciencias: Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, vol. 11, n. 30, 2006.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. Livro do Professor. São Paulo: Ática, 2010.

GAVRIN, A. Just in Time Teaching. **Stem Innovations And Dissemination: Improving Teaching and Learning in Science, Technology, Engineering and Mathematics**, [s.i.], v. 17, n. 4, p.9-18, jan. 2006.

GAVRIN, A. WATT, J. X.; MARRS, K.; BLAKE, R. E. Just-in-Time Teaching (JiTT): using the web to enhance classroom learning. **Computers in Education Journal**, Port Royal, v. 14. p. 51-60, 2004.

GOMES, Francisco Halysen Ferreira; CAETANO, Ewerton Wagner Santos; ALVES, Francisco Régis Vieira. O uso de mapas conceituais no ensino de Física. **#tear: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Canoas, v. 6, n. 1, p.1-17, jul. 2017. Semestral. Disponível em: <<https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/article/view/2046/1547>>. Acesso em: 7 ago. 2018.

GRECA, I. M., MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. **Investigações em Ensino de Ciências**, vol. 7, n.1, 2002.

GRECA, I. M., MOREIRA, M. A. Kinds of mental representations---models, propositions and images---used by college physics students regarding the concept of field. **International Journal of Science Education**, v.19, n.6, 711–724, 1997.

GRECA, I. M., MOREIRA, M. A. Mental, Physical, and Mathematical Models in the Teaching and Learning of Physics. **Science Education**, V. 86, n.1, p.106–121, 2001.

HAKE, Richard R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal Of Physics**, [s.l.], v. 66, n. 1, p.64-74, jan. 1998. American Association of Physics Teachers (AAPT). <http://dx.doi.org/10.1119/1.18809>.

HEWSON, P. W.; THORLEY, N. R. **The conditions of conceptual change in the classroom**. *International Journal of Science Education* 11(5): 541-553, 1989.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental models**. Cambridge: Harvard University Press, 1983.

JÄRVELÄ, Sanna; HADWIN, Allyson F.. New Frontiers: Regulating Learning in CSCL. **Educational Psychologist**, [s.l.], v. 48, n. 1, p.25-39, jan. 2013. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00461520.2012.748006>.

KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. **Multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom**. London: Continuum, 2001.

LASRY, N. Clickers or flashcards: is there really a difference? **The Physics Teacher**, College Park, v. 46, p. 242 – 244, Apr. 2008.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. Peer instruction: from Harvard to the two-year college. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 11, p. 1066(4), 2008.

LEACH, John; SCOTT, Phil. Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing upon the Concept of Learning Demand and a Social Constructivist Perspective on Learning. **Studies In Science Education**, [s.l.], v. 38, n. 1, p.115-142, jan. 2002. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/03057260208560189>.

- LIMA, Luís Gomes de; RICARDO, Elio Carlos. Física e Literatura: uma revisão bibliográfica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 32, n. 3, p.577-617, 12 maio 2015. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p577>.
- LLINÁS, Julia Gil; MACÍAS, Francisco Solano; MÁRQUEZ, Luis Manuel Tobaja. The Use of Concept Maps as an Assessment Tool in Physics Classes: Can One Use Concept Maps for Quantitative Evaluations?. **Research In Science Education**, [s.l.], p.1-16, 9 ago. 2018. Springer Nature America, Inc. <http://dx.doi.org/10.1007/s11165-018-9753-4>.
- LOUZADA, A. N.; ELIA, M. F.; SAMPAIO, F. F. Concepções alternativas dos estudantes sobre conceitos térmicos: Um estudo de avaliação diagnóstica e formativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 37, n. 1, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO).
- LYMAN, F. T. in: **Mainstreaming Digest: A Collection of Faculty and Student Papers**, editado por A.S. Anderson, University of Maryland Press, Maryland, 1981.
- MACÊDO, J. A.; DICKMAN, A. G. Simulações computacionais como ferramentas auxiliares ao ensino de conceitos básicos de eletricidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18, 2009, Vitória. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2009. p. 1-12.
- MACHADO, D. I. E; NARDI, R. **Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hipermídia**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 28 (4), 473-485, 2006.
- MARRS, K. A.; BLAKE, R. E.; GAVRIN, D. Web-Based Warm Up Exercises in Just-in-Time Teaching. **Journal of College Science Teaching**, v. 33, n. 1, p. 42-47, 2003.
- MATTHEWS, M. R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.
- MAZUR, E.; WATKINS, J. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In: SIMKINS, S.; MAIER, M. (Eds.). **Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy** Just-In-Time Teaching. 1. ed. Sterling: Stylus Publishing, 2010. p. 39-62.
- MICHAELSEN, Larry K.; SWEET, Michael. Team-based learning. **New Directions For Teaching And Learning**, [s.l.], v. 2011, n. 128, p.41-51, dez. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/tl.467>.
- MILLIS, B., P. COTTELL, Jr. **Cooperative Learning for Higher Education Faculty**, American Council on Education, ORYX Press, 1998.
- MONTEIRO, Maria A.; NARDI, Roberto; BASTOS FILHO, Jenner B. Dificuldades dos professores em introduzir a Física moderna no ensino médio: a necessidade de superação da racionalidade técnica nos processos formativos. In: NARDI, Roberto. org. **Ensino de ciências e matemática**, I: temas sobre a formação de professores, p. 145-159. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- MONTEIRO, R. **A física moderna e contemporânea e o currículo**: Análise de uma postura docente. Monografia de licenciatura em Física no CEFET/RJ Petrópolis: CEFET/RJ, 2013.

MORAN, J. M. Ensino e aprendizagem inovadores com apoio de tecnologias. In: MORAN Costas, José Manuel; MASETTO, Marcos; BEHRENS, Marilda. (Org.). **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 21ªed.Campinas: Papirus editora, p. 11-65, 2013.

MORAN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T. (Org.). **Coleção Mídias Contemporâneas**. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, p. 15- 33, 2015. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2017.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. 2a Ed. São Paulo. EPU. 2011.

MOREIRA, M. A., CABALLERO, M. C., RODRIGUEZ, M. L. **Aprendizagem significativa**: um conceito subjacente. In: Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo; Burgos, España, 1997.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Mudança conceitual: análise crítica e propostas à luz da teoria da aprendizagem significativa. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.

MOREIRA, M. A.; KREY, I. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de Física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 353-360, 2006.

MOREIRA, M. A.; MASSONNI, N. T.; OSTERMANN, F. “História e epistemologia da Física” na licenciatura em Física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.

MORTIMER, E.F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, 4(3): 265-287, 1995.

MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual e o ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, p. 20-39, 1996.

MUCHENSKI, Fabio; BEILNER, Gregory. O Uso de Vídeos Como Recurso Pedagógico para o Ensino de Física: Uma Experiência do Programa Pibid no Instituto Federal Catarinense – Campus Concórdia. **Revista Cadernos Acadêmicos**, Tubarão, v. 7, n. 1, p.140-154, jun. 2015.

NELSON, O. R. Rolamento sem deslizamento: um exemplo ilustrativo capaz de mostrar muitos conflitos conceituais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, 3502, 2012.

NOVAK, G. M.; PATTERSON, E. T.; GAVIN, A. D.; Christian, W. **Just-In-Time Teaching**: Blending Active Learning with Web Technology, Prentice Hall, New Jersey, 1999, v. 1, p. 188.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. São Paulo: Pioneira. 1981.

NOVAK, J. D. **Aprender a aprender**. Lisboa: Paralelo, 1984. 210 p.

OLIVEIRA, F. F., VIANNA, D. M., GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, (2007).

OLIVEIRA, Vagner; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 32, n. 1, p.180-206, 9 abr. 2015. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n1p180>.

OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. Uma Revisão Bibliográfica Sobre A Área De Pesquisa “Física Moderna E Contemporânea No Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências** – V5(1), pp. 23-48, 2000.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Conceitos De Física Quântica na Formação de Professores: Relato de uma Experiência Didática Centrada no Uso de Experimentos Virtuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1: p. 9-35, abr. 2005.

PAIS, L. C. **Didática da Matemática: uma análise da influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PENA, F. L. A., RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006), **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Vol. 9, No 1, 2009.

PENA, F. L. A.; TEIXEIRA, E. S. Concepções sobre a Natureza da Ciência: a trajetória dos estudantes de uma disciplina sobre Evolução dos Conceitos da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [s.l.], v. 34, n. 1, p.152-175, 5 maio 2017. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

PEREIRA, D. R. O.; AGUIAR, O. O ensino de física no nível médio: tópicos de física moderna e experimentação. **Revista Ponto de Vista**, Vol. 3, pg.68, Florianópolis. 2002.

PINTRICH, P. R., MARX, R. W., & BOYLE, R. A. Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. **Review of Educational Research**, 63(1), 167-199, 1993.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. **Science Education**, Hoboken, v. 66, n. 2, p. 211– 227, 1982.

POZO, J. I. **Teorias cognitivas da aprendizagem**. Trad. Juan Acuña Llorens – 3. ed. – Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

PRASTIYO, Willy; DJOHAR, As’ari; PURNAWAN, P. Development of Youtube integrated google classroom based e-learning media for the light-weight vehicle engineering vocational high school. **Jurnal Pendidikan Vokasi**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.53-66, 28 fev. 2018. Universitas Negeri Yogyakarta. <http://dx.doi.org/10.21831/jpv.v8i1.17356>.

- PRENSKY, M. Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. **On The Horizon**, [s.l.], v. 9, n. 5, p.1-6, set. 2001. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/10748120110424816>.
- PRINCE, M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. **Journal Of Engineering Education**, [s.l.], v. 93, n. 3, p.223-231, jul. 2004. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>.
- PSILLOS, Dimitris; KARIOTOGLOU, Petros. Theoretical Issues Related to Designing and Developing Teaching-Learning Sequences. **Iterative Design Of Teaching-learning Sequences**, [s.l.], p.11-34, 2016. Springer Netherlands. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_2.
- RAPP, David. Mental Models: Theoretical issues for visualizations in science education. In: GILBERT, John K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 43-60. (Models and Modeling in Science Education).
- REDISH, E. F. The implications of cognitive studies for teaching Physics. **American Journal of Physics**. 62(9):796–803, 1993.
- RIBAS, Arilson Sartorelli. **Telefone celular como um recurso didático: possibilidades para mediar práticas do ensino de Física**. Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa-PPGECT, 2012.
- RIBOLDI, B. M. **A construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para Ensinar Relatividade Utilizando Animações e o Game *A Slower Speed of Light***. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.
- ROBERTSON, W. C., Detection of Cognitive Structure with Protocol Data: Predicting Performance on Physics Transfer Problems. **Cognitive Science** 14, 253-280, 1990.
- ROCHA, D.; RICARDO, E. C. As crenças de autoeficácia de professores de Física: um instrumento para aferição das crenças de autoeficácia ligadas a Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 333-364, 2014. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2014v31n2p333>>. Acesso em: 31 out.2018.
- RODRIGUES, C. D. O. **Inserção da Teoria da Relatividade Restrita no ensino médio: uma nova proposta**. DISSERTAÇÃO, Mestre em Educação, Orientador: Maurício Pietrocola, UFSC, Florianópolis, 2001.
- SÁ, M. R. R. **Teoria da relatividade restrita e geral ao longo do 1o ano do ensino médio: uma proposta de inserção**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade de Brasília. Brasília, 314 p, 2015.
- SABBATINI, M. Reflexões Críticas Sobre o Conceito de Objeto de Aprendizagem Aplicado ao Ensino de Ciências e Matemática. **EM TEIA – Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana**, vol. 3, número 3, 2012.

SADALLA, A. M.; LAROCCA, P. Autoscopia: um procedimento de pesquisa e de formação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 419-433, set-dez. 2004.

SALES, G. L. *et al.* Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de Física Moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, 3501, 2008.

SALES, G. L. *et al.* Gamificação e Ensino Híbrido na Sala de Aula de Física: Metodologias Ativas Aplicadas aos Espaços de Aprendizagem e na Prática Docente. **Conexões - Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 11, n. 2, p.45-52, 1 jul. 2017. IFCE. <http://dx.doi.org/10.21439/conexoes.v11i2.1181>.

SALES, G. L. **Quantum**: Um Software para Aprendizagem dos Conceitos da Física Moderna e Contemporânea. Dissertação de Mestrado, CEFET-CE, (2005).

SANTOS, Rubens Lopes dos. **Aplicação De Uma Metodologia Envolvendo Mudanças Conceituais No Ensino De Física Moderna E Contemporânea**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <<http://pgecm.fortaleza.ifce.edu.br/wp-content/uploads/2018/03/FINALDissertação-Final-RUBENS-LOPES-2018.-Fim.pdf>>; Acesso em: 27 jun. 2018.

SCHWAB, J. **The practical 3**: translation into curriculum. Chicago: School Review, 1973.

SCHWEDER, Sabine. **Uso de Simuladores em Atividades de Laboratório de Física Moderna**: Análise de sua contribuição para o ensino e aprendizagem na modalidade de Educação à Distância. 2015. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SHABAJEE, P.; POSTLETHWAITE, K. **What happened to modern physics?** School Science Review, Hertfordshire, UK, v. 81, n. 297, p. 51-56, 2000.

SIAS, D. B.; RIBEIRO-TEIXEIRA, R. M. Resfriamento de um Corpo: A Aquisição Automática de Dados Propiciando Discussões Conceituais no Laboratório Didático de Física no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3: p. 360-381, dez. 2006.

SILVA, João Batista da; SILVA, Diego de Oliveira; SALES, Gilvandenys Leite. MODELO DE ENSINO HÍBRIDO: A PERCEPÇÃO DOS ALUNOS EM RELAÇÃO À METODOLOGIA PROGRESSISTA X METODOLOGIA TRADICIONAL. **Revista Conhecimento Online**, [s.l.], v. 2, p.102-118, 11 jul. 2018. Associação Pro-Ensino Superior em Novo Hamburgo. <http://dx.doi.org/10.25112/rco.v2i0.1318>.

SILVA, J. A.; SOUSA, C. M. S. G. O modelo ondulatório como estratégia de promoção da evolução conceitual em tópicos sobre a luz em nível Médio. **Ciência & Educação** (bauru), [s.l.], v. 20, n. 1, p.23-41, mar. 2014. FapUNIFESP (SciELO).

SILVA, J. B.; SALES, G. L.; LEITE, E. A. M.; PONTELLO, L. S. Mudança conceitual em óptica geométrica facilitada pelo uso de TDIC. In: WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA

ESCOLA, 21, 2015, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2015, p. 1-17. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/5060/3465> Acessado em: 06 dez 2017.

SILVA, R. S.; ERROBIDART, N. C. G. Sobre as pesquisas relacionadas ao ensino do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 618-639, dez. 2015.

SOUZA, A. P. G.; LAWALL, I. T. Inovação curricular de Física Moderna: motivações, dificuldades e mudanças na prática docente. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - I Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, 2011, Campinas. **Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - I Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias**, 2011.

SOLBES, J.; TRAVER, M. Against a negative image of science: history of science and the teaching of physics and chemistry. **Science & Education**, v. 12, p.703-717, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA (SBF). **Carta aberta ao Inep quanto à adoção do Exame Nacional do Ensino Médio como critério de ingresso nas Universidades**. Disponível em: < http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/noticias/maio2014/carta-ao-INEP.pdf> Acessado em: 20 ago 2018.

STEAD, D.R. **Active Learning in Higher Education** 6, 2005, p. 118.

SZETO, Elson; CHENG, Annie Yan-ni. Exploring the Usage of ICT and YouTube for Teaching: A Study of Pre-service Teachers in Hong Kong. **The Asia-pacific Education Researcher**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.53-59, 22 maio 2013. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s40299-013-0084-y>.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. **Revista online Ciência & Cognição**, v. 13, n. 2, p. 99-108, 2008.

TAVARES, Romero. Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição**, v. 12, p.72-85, 2007.

TERRAZZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TERRAZZAN, E. A. **Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média**. São Paulo: Curso de Pós-Graduação em Educação - USP, 1994. Tese.

VALADARES, J. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review** – V1, pp. 36-57, 2011.

VALENTE, José Armando. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educar em Revista**, [s.l.], n. 4, p.79-97, 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.38645>.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VYGOTSKY, L.S. **Mind in society**: the development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978, p. 159.

WILEY, D. A. Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy. In: _____. (Ed.). **The instructional use of learning objects**. Bloomington: AECT, 2002. Disponível em: <http://wesrac.usc.edu/wired/bldg-7_file/wiley.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2018.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

YIN, Yue *et al.* Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use. **Journal Of Research In Science Teaching**, [s.l.], v. 42, n. 2, p.166-184, 2005. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.20049>.

ZABALA, A. **A prática educativa**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

**APÊNDICE A – QUESTÕES DA INSTRUÇÃO POR PARES SOBRE
RELATIVIDADE RESTRITA**

1. Sobre a Teoria da Relatividade e a velocidade da luz, escolha a alternativa INCORRETA:
<i>a) nada pode ultrapassar a velocidade da luz. b) a velocidade da luz varia com a velocidade da fonte. c) a luz independe de meio para se propagar. d) à velocidades próximas a da luz, dependendo do referencial do observador, são notadas alterações nos corpos.</i>
2. Uma nave sai da Terra em direção a Alpha Centauri com velocidade de $0,8c$, levando um relógio atômico para marcar a duração da viagem. No centro de controle, na Terra, há um outro relógio atômico inicialmente sincronizado com o da nave. Ao fim da jornada:
<i>a) Os relógios marcarão o mesmo tempo transcorrido. b) O relógio da nave estará marcando um período de tempo muito maior que o da Terra. c) O tempo medido pelo relógio da nave, durante a viagem, terá sido bem menor que o registrado na Terra. d) Os tripulantes da nave estarão mais velhos que os cientistas que permaneceram na Terra.</i>
3. Dois cientistas, em laboratórios diferentes, buscam cronometrar um mesmo fenômeno que ocorre em um terceiro local. Sobre esse experimento a afirmação INCORRETA é:
<i>a) O fenômeno começará a ser medido em instantes diferentes para cada cientista. b) Devido à dilatação do tempo, o conceito de simultaneidade não se aplica. c) A informação do fenômeno leva tempos diferentes para chegar a cada um dos cientistas. d) Os cientistas começarão a medição no mesmo intervalo de tempo, com exatidão.</i>
4. Imagine que um observador na Terra possa ver a passagem de uma nave espacial movendo-se próxima da velocidade da luz. Para o observador no referencial da Terra a nave:
<i>a) Pareceria ter um volume maior, devido à contração do espaço. b) Teria o comprimento diminuído, devido à contração do comprimento. c) Estaria maior, devido à dilatação do tempo. d) Teria o mesmo tamanho em todas as suas dimensões.</i>
5. Nada pode se mover mais rápido que a velocidade da luz, como estabelecido pela Teoria da Relatividade de Einstein. No entanto, imagine que um corpo possa igualar essa velocidade. O que aconteceria com este corpo, de acordo com um observador em repouso?
<i>a) O tempo pararia. b) O corpo seria enviado para o futuro. c) Um observador veria o corpo se desintegrar. d) No referencial do corpo, seu comprimento seria infinito.</i>

APÊNDICE B – QUESTÕES DA INSTRUÇÃO POR PARES SOBRE EFEITO FOTOELÉTRICO

1. A energia de uma onda eletromagnética:
<i>a) independe da frequência. b) é discreta e quantizada. c) aumenta quando a frequência tende para o vermelho. d) diminui quando a frequência tende para o violeta.</i>
2. Uma célula fotovoltaica é capaz de fornecer energia elétrica através da luz do sol. Esse processo é explicado pelo efeito fotoelétrico. Sobre este processo, escolha a alternativa correta:
<i>a) Os fótons aceleram os átomos, que por sua vez geram eletricidade por meio de indução. b) As ondas eletromagnéticas liberam prótons, que geram corrente elétrica. c) Os fótons removem elétrons da célula, e o movimento destes gera uma corrente elétrica. d) As células coletam raios cósmicos, que por sua vez reagem quimicamente, gerando eletricidade.</i>
3. No efeito fotoelétrico elétrons são arrancados de seus átomos devido à energia fornecida por uma onda eletromagnética. Isto ocorre de maneira dependente:
<i>a) da intensidade da luz. b) do comprimento de onda da luz. c) da velocidade da luz. d) do comprimento de onda do material.</i>
4. Sobre o efeito fotoelétrico, marque a alternativa correta:
<i>a) O efeito fotoelétrico depende da intensidade da radiação incidente sobre a placa metálica. b) Não há frequência mínima necessária para a ocorrência desse fenômeno. c) A frequência de corte é fruto da razão entre a função trabalho e a constante de Planck. d) A energia cinética dos fotoelétrons é diretamente proporcional ao comprimento de onda da radiação incidente.</i>
5. (ENEM - 2013) Quando a luz branca incide em uma superfície metálica, são removidos elétrons desse material. Esse efeito é utilizado no acendimento automático das luzes nos postes de iluminação, na abertura automática das portas, no fotômetro fotográfico e em sistemas de alarme. Esse efeito pode ser usado para fazer a transformação de energia:
<i>a) nuclear para cinética. b) elétrica para radiante. c) térmica para química. d) radiante para cinética.</i>

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO SOBRE PERFIL E OPINIÕES DOS ALUNOS

Questionário	
Q.1.	Você já havia visto o conteúdo de Física Moderna durante o seu curso?
Q.2.	Na sua opinião, é possível relacionar os conceitos de Física Moderna com elementos e situações do cotidiano?
Q.3.	O uso de vídeos e animações ajuda a ilustrar os conceitos abordados pelo professor?
Q.4.	Você acredita que, em certas situações, um colega possa lhe explicar o conteúdo de maneira mais clara que o professor?
Q.5.	Estudar utilizando somente o livro didático é a melhor maneira de absorver o conteúdo?
Q.6.	O uso de simulações o ajuda a visualizar melhor os fenômenos estudados?
Q.7.	Durante a oficina foram realizados testes com o aplicativo <i>Plickers</i> , que utiliza cartões resposta e o celular do professor para realizar as votações. Você acha que as discussões com os membros da sua equipe lhe ajudaram a entender melhor os conteúdos abordados?
Q.8.	Em sua opinião, o método de ensino tradicional, no qual o professor copia o conteúdo no quadro, explica e passa exercícios, é o mais eficiente?
Q.9.	É importante que o professor faça uso de múltiplos recursos didáticos (vídeos, jogos, simulações, etc.) durante a aula?
Q.10.	Você tem acesso à internet em casa?
Q.11.	Você possui um smartphone?
Q.12.	Você utiliza a internet para encontrar materiais de estudo?
Q.13.	Durante as aulas foi utilizado o jogo "Pato Quântico" para ilustrar o Efeito Fotoelétrico. Você acha que jogos com temática educativa ajudam a compreender a matéria? Por quê?
Q.14.	Você acha importante que sejam abordadas questões do ENEM em sala de aula?
Q.15.	Você estuda com mais empenho os assuntos que têm mais probabilidade de estarem presentes na prova do ENEM?
Q.16.	Indique quais os pontos positivos e negativos que você identificou da Oficina de Física Moderna?
Q.17.	Em sua opinião, o que poderia melhorar na Oficina de Física Moderna?

ANEXO A – TERMO DE ASSENTIMENTO PARA ALUNOS MENORES DE IDADE

TERMO DE ASSENTIMENTO

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “Metodologias Ativas como Subsídio para a Evolução de Conceitos de Física Moderna sob a Ótica da Aprendizagem Significativa”. Neste estudo pretendemos investigar os benefícios de uma Oficina de Física Moderna que se utilize de metodologias ativas de aprendizagem.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é que existem poucos estudos que abordam o uso destas metodologias no Ensino Médio. Além disso, o ensino de Física Moderna é, muitas vezes, pouco visto nos currículos das escolas.

Neste estudo será realizada uma Oficina de Física Moderna durante as aulas regulares da disciplina de Física, na qual você já está devidamente matriculado. A oficina terá a duração aproximada de duas semanas, com 04 (quatro) aulas presenciais e tarefas de leitura e questionários realizados à distância. Durante as aulas presenciais serão utilizadas metodologias ativas de aprendizagem, buscando uma maior interação entre o aluno e o conhecimento estudado. Serão realizados testes rápidos, com duração média de 15 minutos.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Este estudo apresenta risco mínimo isto é, o mesmo risco existente em atividades rotineiras como conversar, tomar banho, ler etc. Apesar disso, você tem assegurado o direito a ressarcimento ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Eu, _____, portador(a) do documento de Identidade _____ (se já tiver documento), fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Fortaleza, ____ de _____ de 20 ____.

Assinatura do(a) menor

Assinatura do(a) pesquisador(a)

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador Diego de Oliveira Silva através do telefone: (85) _____ ou pelo email: _____@yahoo.com.br.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br.

ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO AOS RESPONSÁVEIS



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Metodologias Ativas como Subsídio para a Evolução de Conceitos de Física Moderna sob a Ótica da Aprendizagem Significativa Diego de Oliveira Silva

Seu filho está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar os direitos de seu filho como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar que seu filho participe ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

As metodologias Ativas veem sendo utilizadas com grande sucesso no ensino de Física, no entanto, existem poucos estudos que abordem o uso destas metodologias no Ensino Médio. Além disso, o ensino de Física Moderna é, muitas vezes, pouco abordado nos currículos das escolas. Sendo assim, este estudo visa investigar os benefícios do uso de Metodologias Ativas de Aprendizagem no ensino de Física Moderna, buscando proporcionar uma aprendizagem significativa.

Procedimentos:

Participando do estudo seu filho está sendo convidado a participar de uma Oficina de Física Moderna a ser realizada durante as aulas regulares da disciplina de Física, na qual seu filho já está devidamente matriculado. A oficina terá a duração aproximada de duas semanas, com 04 (quatro) aulas presenciais e tarefas de leitura e questionários realizados à distância. Durante as aulas presenciais serão utilizadas metodologias ativas de aprendizagem, buscando uma maior interação entre o aluno e o conhecimento estudado. Será feito uso de ferramentas, como vídeos e objetos de aprendizagem e, além disso, serão aplicados testes conceituais de múltipla escolha e questionários para avaliar a eficácia destes métodos de ensino. Os testes e questionários não deverão tomar muito tempo, com uma duração estimada de 10 minutos para os questionários individuais e 30 minutos para os testes respondidos em equipe.

Desconfortos e riscos:

Seu filho não deve participar deste estudo se o mesmo se sentir incomodado ou constrangido de qualquer maneira. Alguns participantes podem sentir algum desconforto em responder aos questionários ou ao participar de atividades em grupo. No entanto, o pesquisador garante a confidencialidade das respostas e dados coletados, minimizando possíveis riscos à dignidade do aluno.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do responsável: _____

Benefícios:

Ao participar desta pesquisa o aluno terá a oportunidade de ter contato com um assunto normalmente pouco abordado durante o Ensino Médio, tendo a chance de adquirir um conhecimento que de outra forma poderia ser negligenciado. No entanto, o aluno não terá nenhum benefício material direto, apenas contribuindo para um estudo que pode vir a beneficiar outros alunos no futuro.

Acompanhamento e assistência:

Durante a realização da pesquisa, o investigador se prontifica a prestar assistência no esclarecimento de possíveis dúvidas e fornecer acompanhamento pedagógico aos participantes durante toda a duração da oficina.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que a identidade do seu filho será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, o nome do seu filho não será citado.

Ressarcimento e indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes da participação do seu filho na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador Diego de Oliveira Silva através do telefone: (85) [REDACTED] ou pelo email: [REDACTED]@yahoo.com.br.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs as 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito que meu filho participe e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

Contato telefônico (opcional):

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do responsável: _____

e-mail (opcional):

(Nome e assinatura do RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a):


[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Data: ____/____/____.

Rubrica do pesquisador:_____

Rubrica do responsável:_____

ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO AOS ALUNOS MAIORES DE IDADE



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Ceará**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Metodologias Ativas como Subsídio para a Evolução de Conceitos de Física Moderna sob a Ótica da Aprendizagem Significativa

Diego de Oliveira Silva

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

As Metodologias Ativas veem sendo utilizadas com grande sucesso no ensino de Física, no entanto, existem poucos estudos que abordem o uso destas metodologias no Ensino Médio. Além disso, o ensino de Física Moderna é, muitas vezes, pouco abordado nos currículos das escolas. Sendo assim, este estudo visa investigar os benefícios do uso de Metodologias Ativas de Aprendizagem no ensino de Física Moderna, buscando proporcionar uma aprendizagem significativa.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a participar de uma Oficina de Física Moderna a ser realizada durante as aulas regulares da disciplina de Física, na qual você já está devidamente matriculado. A oficina terá duração aproximada de duas semanas, com 04 (quatro) aulas presenciais e tarefas de leitura e questionários realizados à distância. Durante as aulas presenciais serão utilizadas metodologias ativas de aprendizagem, buscando uma maior interação entre o aluno e o conhecimento estudado. Será feito uso de ferramentas, como vídeos e objetos de aprendizagem e, além disso, serão aplicados testes conceituais de múltipla escolha e questionários para avaliar a eficácia destes métodos de ensino. Os testes e questionários não deverão tomar muito tempo, com uma duração estimada de 10 minutos para os questionários individuais e 30 minutos para os testes respondidos em equipe.

Desconfortos e riscos:

Você não deve participar deste estudo se sentir-se incomodado ou constrangido de qualquer maneira. Alguns participantes podem se sentir desconfortáveis em responder aos questionários ou ao participar de atividades em grupo. No entanto, o pesquisador garante a confidencialidade das respostas e dados coletados, minimizando possíveis riscos à dignidade do aluno.

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____

Página 1 de 3

Benefícios:

Ao participar desta pesquisa o aluno terá a oportunidade de ter contato com um assunto normalmente pouco abordado durante o Ensino Médio, tendo a chance de adquirir um conhecimento que de outra forma poderia ser negligenciado. No entanto, o aluno não terá nenhum benefício material direto, apenas contribuindo para um estudo que pode vir a beneficiar outros alunos no futuro.

Acompanhamento e assistência:

Durante a realização da pesquisa, o investigador se prontifica a prestar assistência no esclarecimento de possíveis dúvidas e fornecer acompanhamento pedagógico aos participantes durante toda a duração da oficina.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador Diego de Oliveira Silva através do telefone: (85) [REDACTED] ou pelo email: [REDACTED]@yahoo.com.br.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

Contato telefônico (opcional):

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

e-mail (opcional):

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a):

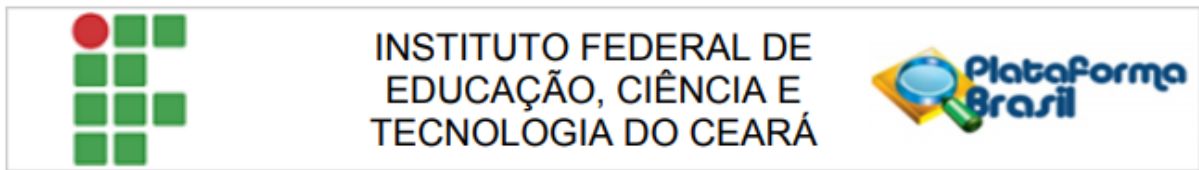
[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Data: ____/____/____.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

ANEXO D – PARECER POSITIVO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Metodologias Ativas como Subsídio para a Evolução de Conceitos de Física Moderna sob a Ótica da Aprendizagem Significativa

Pesquisador: DIEGO DE OLIVEIRA SILVA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 99095018.8.0000.5589

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO CEARA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.945.410

Apresentação do Projeto:

O intuito da pesquisa é determinar se o uso de metodologias ativas de aprendizagem pode gerar uma aprendizagem significativa e evolução dos conceitos de Física Moderna em alunos do Ensino Médio Integrado. A pesquisa terá cunho quali-quantitativo e caracterizar-se-á como um estudo de caso. Deverá ser aplicado um pré-teste, para determinar o nível de conhecimento inicial dos alunos, seguida por uma oficina sobre o tema "Física Moderna" onde serão aplicadas metodologias ativas de aprendizagem. Em sequência, será aplicado um pós-teste e os resultados deste comparados aos do pré-teste para determinar a eficácia deste tipo de intervenção pedagógica.

Objetivo da Pesquisa:

Apresentar uma sequência didática que auxilie o aluno do ensino médio na evolução de seus conceitos sobre Física Moderna e Contemporânea, utilizando metodologias ativas como aporte teórico da aprendizagem significativa.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Apresenta riscos mínimos, podendo ocorrer estresse emocional, cansaço ou aborrecimento ao responder questionários, bem como possíveis constrangimentos ao realizar testes em conjunto com outros participantes. Quanto aos benefícios o estudo contribui a inserção de metodologias ativas para a aprendizagem de física no Ensino Médio.

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

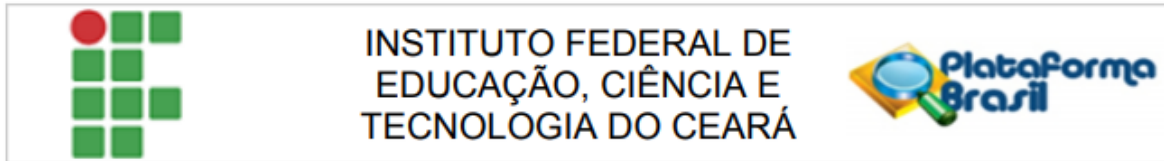
Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE **Município:** FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 2.945.410

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo é relevante por apresentar um desenho de ensino a mais para os alunos do ensino médio, por contemplar atividades que estimulam os estudantes a pensarem sobre as atividades desenvolvidas, com autonomia.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O projeto contempla e atende todos os documentos obrigatórios em seu TCLE.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1212268.pdf	21/09/2018 16:38:52		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	21/09/2018 16:38:32	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	consentimento.pdf	21/09/2018 16:37:52	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
Outros	questionario3.pdf	21/09/2018 16:18:29	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
Outros	questionario2.pdf	21/09/2018 16:18:04	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
Outros	questionario1.pdf	21/09/2018 16:17:37	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	assentimento.pdf	21/09/2018 16:15:49	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	consentimentopais.pdf	21/09/2018 16:15:13	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
Outros	resultados.pdf	20/09/2018	DIEGO DE	Aceito

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

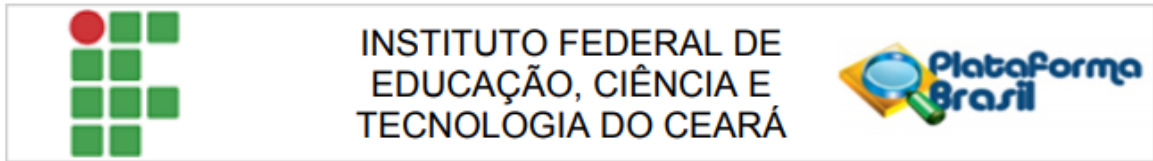
Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE **Município:** FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 2.945.410

Outros	resultados.pdf	12:02:30	SILVA	Aceito
Outros	regresso.pdf	20/09/2018 12:01:20	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
Cronograma	cronograma.pdf	20/09/2018 11:56:55	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	infra.pdf	20/09/2018 11:56:28	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	20/09/2018 11:56:01	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito
Folha de Rosto	rosto.pdf	20/09/2018 11:55:14	DIEGO DE OLIVEIRA SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 05 de Outubro de 2018

Assinado por:
Jefté Ferreira da Silva
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE **Município:** FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br