

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
FÍSICA - LICENCIATURA

FERNANDO HENRIQUE AMORIM

**UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O “ENSINO DE FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS DA
INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO”**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Florianópolis
2018

FERNANDO HENRIQUE AMORIM

**UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O “ENSINO DE FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS DA
INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO”**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao Curso de Graduação em Física da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do Grau de Licenciado em Física.
Orientadora: Prof^a. Dra. Sônia Maria Correa Silva de Souza Cruz

Florianópolis
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Amorim, Fernando Henrique

Uma revisão bibliográfica sobre o "ensino de física moderna e contemporânea através do uso de tecnologias digitais da informação e comunicação" / Fernando Henrique Amorim ; orientadora, Sonia Maria da Silva Corrêa de Souza Cruz, 2018.

62 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Física, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Física. 2. Física Moderna. 3. TDIC. 4. Tecnologias. 5. Ensino de Física. I. Souza Cruz, Sonia Maria da Silva Corrêa de . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Física. III. Título.

Fernando Henrique Amorim

**UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O “ENSINO DE FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA ATRAVÉS DO USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS DA
INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO”**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado em Física, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Física.

Florianópolis, 10 de julho de 2018.

Prof. Ms. João José Piacentini
Coordenador do Curso

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Sonia Maria da Silva Corrêa de Souza Cruz
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Paulo José Sena dos Santos
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. José Francisco Custódio Filho
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Rosinha e Cleuson, os quais sempre me deram total apoio e estímulo para prosseguir com os estudos.

As minhas irmãs, Gabriela e Luana, que sempre me incentivaram a me tornar educador.

Agradeço a Maiara, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais complicados, quando tudo parecia dar errado, sempre me apoiou.

Ao meu amigo Pedro, que contribuiu muito à minha formação após muitas horas de estudos e grandes listas de exercícios.

Aos membros da banca que se disponibilizaram a avaliar meu trabalho, e que fizeram parte direta na minha formação acadêmica.

A minha orientadora, que pacientemente, após minhas complicações, tornou possível a realização deste trabalho.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

“A natureza é um enorme jogo de xadrez disputado por deuses, e que temos o privilégio de observar. As regras do jogo são o que chamamos de física fundamental, e compreender essas regras é a nossa meta.”

(Richard Feynman)

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar uma revisão bibliográfica dos últimos 10 anos sobre ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) através do uso das tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC), dos principais meios de divulgação de pesquisa em ensino de Física e Ciências: SNEF, EPEF, ENPEC, a Revista Brasileira de Ensino de Física e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física. A ideia da pesquisa surgiu devido a uma carência dos temas de FMC em minha graduação, portanto senti necessidade de complementar minha formação, buscando possibilidades de trabalhar esses temas com uso das tecnologias. Foi feita uma análise documental dos 67 trabalhos encontrados, ressaltamos as principais metodologias e formas trabalhadas, obtendo assim um panorama geral dessas publicações com relação ao uso da tecnologia e o conteúdo abordado. Percebemos que existem temas, como: *Efeito Fotoelétrico*, *Dualidade onda-partícula* e *Radioatividade*, que são bastante discutidos e formas de uso das TDIC principalmente *Simuladores* e *RAV's* que ganham destaque pelo número de trabalhos.

Palavras-chave: Física Moderna. Tecnologias. TDIC. Ensino de Física.

ABSTRACT

The present work has the objective of presenting a bibliographical review of the last 10 years on the teaching of Modern and Contemporary Physics (MCP) through the use of information and communication technologies (ICT), the main means of dissemination of research in Physics teaching and Sciences: SNEF, EPEF, ENPEC, Revista Brasileira de Ensino de Física and Caderno Brasileiro de Ensino de Física.. The idea of the research came about due to a lack of MCP subjects in my undergraduate degree, so I felt the need to complement my training, looking for possibilities to work on these topics using the technologies. A documentary analysis was made of the 67 papers found, we highlight the main methodologies and forms worked, thus obtaining an overview of these publications regarding the use of technology and the content addressed. We noticed that there are themes, such as: Photoelectric Effect, Wave-particle Duality and Radioactivity, which are quite discussed and forms of use of the ICT mainly Simulators and audio visual resources that are highlighted by the number of works.

Keywords: Modern Physics. Technologies. ICT. DICT. Physics Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico da quantidade de trabalhos por evento.....	33
Figura 2 – Gráfico da quantidade de trabalhos com relação ao uso de TDIC.....	34
Figura 3 – Gráfico da quantidade de trabalhos por tema de FMC.....	56

LISTA DE SIGLAS

SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
TDIC	Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação
FMC	Física Moderna e Contemporânea
EM	Ensino Médio
OA	Objeto de Aprendizagem
RAV's	Recursos Áudio Visuais
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
2. UMA BREVE REVISÃO	16
3. METODOLOGIA.....	20
3.1. SELEÇÃO DOS ARTIGOS	21
3.2. SOBRE OS EVENTOS.....	20
3.3. ANÁLISE DE DADOS	22
4. RESULTADOS	23
4.1. DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS	23
4.1.1. Busca na RBEF	23
4.1.2. Busca no CBEF	23
4.1.3. Busca no EPEF.....	24
4.1.4. Busca no ENPEC.....	25
4.1.5. Busca no SNEF	26
4.2. DISCUSSÃO DOS TRABALHOS.....	31
4.2.1. Aquisição de Dados	31
4.2.2. Simulação	34
4.2.3. Multimídia	43
4.2.4. Realidade Virtual	50
4.2.5. Internet.....	52
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	2

1. INTRODUÇÃO

A Física está em constante evolução, de tempos em tempos há novas descobertas, previsões teóricas, teorias sendo criadas e derrubadas. Os pesquisadores em Física estão procurando soluções para a cromodinâmica quântica (QCD), estrelas onde existem condições para o “deconfinamento” de quarks, entre outras tantas coisas da Física do século XXI, assim vê-se uma necessidade de também atualizarmos o Ensino de Física, é preocupante como a física no ensino médio, não tem acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distancia das necessidades dos alunos no que diz respeito ao estudo de conhecimentos científicos mais atuais (OLIVEIRA et al, 2007, p.447). Nos últimos anos, pesquisas estão sendo feitas sobre a atualização curricular, principalmente no acréscimo de tópicos de FMC (TERRAZAN, E. A., 1992; LABURÚ, C.E. et al, 1998; OLIVEIRA et al, 2007; OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A., 2000).

Um dos problemas para o ensino de FMC é a dificuldade em realizar alguns procedimentos experimentais e torná-la mais próxima do aluno. Uma alternativa que pode facilitar o ensino de FMC é o uso das TDIC (Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação), pois com as tecnologias consegue-se trazer simulações de experimentos, os quais os alunos jamais teriam acesso, vídeos demonstrativos, animações tridimensionais entre tantas outras coisas que os computadores e recursos midiáticos nos promovem. Assim como justificam BARROS e BASTOS (2007), no uso de um simulador para a difração de elétrons:

A necessidade de se utilizar esse experimento virtual está na própria natureza sofisticada do experimento, de difícil reprodução em laboratórios de ensino. Não tivemos a intenção de tornar simplista ou superficial a difração de elétrons, com o uso dessa tecnologia, mas de tornar acessíveis os conceitos físicos envolvidos na simulação dos experimentos virtuais (BARROS e BASTOS, 2007 p.34).

Portanto, nessa perspectiva vê-se necessário conhecer as pesquisas na área de Ensino de Física Moderna e Contemporânea através das tecnologias da informação e comunicação, analisando os principais periódicos e revistas nacionais de ensino de Física e Ciências, para assim destacar os conteúdos e temas com baixos índices de publicação e conhecer o que a comunidade está discutindo.

Ao longo de toda graduação tive a oportunidade de trabalhar em algumas disciplinas o ensino de FMC e em outras o ensino de Física através das TDIC, no nosso currículo temos uma carga horária muito maior de Física Clássica do que de FMC, isso pode trazer uma certa insegurança ao futuro professor, que pretende trabalhar conceitos mais modernos, como por exemplo a Relatividade Restrita, que tive pouco contato durante o curso. Nas aulas de Metodologia do Ensino de Física e nas Práticas de Ensino, foram-me apresentadas as diversas possibilidades que o uso das tecnologias fornece, por esse motivo resolvi pesquisar sobre a implementação dessa metodologia no ensino de FMC, que é um dos principais pontos de discussão nos trabalhos sobre atualização curricular (OLIVEIRA et al, 2007). Desse modo buscando suprir algumas necessidades que senti ao longo da graduação, apresentando assim aos futuros professores, e também aos atuais, as metodologias mais difundidas nesse ramo.

Optamos por fazer uma revisão bibliográfica das principais revistas e periódicos nacionais no período de 2007 a 2017 para obter um panorama geral das pesquisas nos últimos 10 anos, como as tecnologias são aprimoradas com uma certa rapidez, não entrarão na pesquisa trabalhos anteriores a 2007, para assim vermos como os trabalhos lidam com os recursos mais atuais das tecnologias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Obter um panorama geral das publicações dos últimos anos sobre o Ensino de Física Moderna através das TDIC nos principais encontros de pesquisa em ensino de física e ciências brasileiros: ENPEC, SNEF, EPEF e também nas principais revistas nacionais: Revista Brasileira de Ensino de Física e Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar o andamento das pesquisas na área e classificá-las com relação ao conteúdo.
- Identificar as metodologias de uso das TDIC mais comuns e os softwares mais utilizados.

2. UMA BREVE REVISÃO

2.1. O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

O ensino de Física muitas vezes está distante das atuais pesquisas científicas, é comum vermos em jornais, revistas, redes sociais e outras ferramentas de comunicação discussões e notícias sobre as atuais pesquisas feitas pelos cientistas, esses conteúdos também precisam do seu espaço no currículo, pois a lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno (Oliveira et al., 2007, p.448). Portanto vê-se a necessidade da implementação de tópicos de FMC, porém é preciso estudar quais as melhores maneiras de transpor esse tipo de conteúdo para o EM.

Segundo Barojas (1988 apud Ostermann & Moreira, 2000) foram levantados, na III Conferência Interamericana sobre Educação em Física, algumas razões para introduzirmos a FMC. Dentre elas destacam-se:

- despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não veem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
- é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
- é mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino;
- Física Moderna é considerada conceitualmente difícil e abstrata; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la

2.3. USO DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Tendo em vista o desenvolvimento tecnológico da sociedade atual temos acesso facilmente a uma infinidade de informações e possibilidades com apenas um clique, visto isso, vê-se a necessidade de utilizarmos destas tecnologias para melhorarmos a qualidade de vida do ser humano, seja trazendo maior conforto e comodidade, bem como uma educação de forma diferenciada. Quanto ao uso pedagógico das TDIC temos os computadores, os *smartphones*, tablets e a internet. Podemos definir TDIC da seguinte forma:

Por tecnologia da informação e comunicação entende-se todas as tecnologias que interferem e permeiam os processos de informação e comunicação entre os seres humanos, por digitais entende-se a internet e suas ferramentas como mediadoras. Sua origem está diretamente vinculada ao surgimento da comunicação e, a necessidade de registrar fatos, se expressar e informar. Com o passar dos anos coube ao homem o aperfeiçoamento do modo de informar e comunicar (SILVA e MORAES, 2014, p.06)

O uso das TDIC como ferramenta educacional pode ser uma excelente alternativa para os professores que buscam uma aula mais atrativa e interativa (SILVA e MORAES, 2014). Porém alguns cuidados precisam ser tomados, pois as tecnologias por si só não produzem a aula, o uso de uma nova ferramenta demanda um tempo maior investido para o planejamento, ainda mais uma ferramenta que utiliza de imagens, animações, ou seja, representações dos objetos reais, cabe ao professor preparar-se para discussões sobre modelos na física, objeto real e objeto modelo para que o uso desses recursos não se torne meramente ilustrativo ou pior, confunda o aluno com relação a natureza da ciência. (Rangel, F. de O. et al, 2012)

Existem várias maneiras de utilizar o computador no ensino Segundo Fiolhais e Trindade (2003), existem cinco modos da utilização do computador no ensino: 1) Aquisição de dados, 2) Simulação, 3) Multimídia, 4) Realidade Virtual e 5) Internet.

1) Aquisição de dados

É a forma de usar o computador ligado a experimentos, com *softwares* que ligados a sensores façam as medidas em tempo real e imediatas dando a possibilidade até de uma apresentação gráfica. (Fiolhais e Trindade, 2003, p. 263)

2) Simulação

O uso de simulações no Ensino de Física é talvez o método mais comum de usar as TDIC, a simulação vai além de uma simples animação, ela permite uma interatividade maior. Qualquer simulação é baseada sempre em um modelo de uma situação real, que matematizado e processado pelo computador fornece animações de uma realidade virtual. Uma simulação computacional é uma representação de objetos específicos reais, ou imaginados, de sistemas ou fenômenos, podendo ser bastante úteis quando a experiência não pode ser reproduzida. (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002).

Assim, o uso dos simuladores no Ensino de Física deve ser muito consciente e preparado, como alertam Medeiros e Medeiros (2002):

É preciso ter-se em mente que o ponto de partida de toda simulação é a imitação de aspectos específicos da realidade, isto significando que, por mais atraente que uma simulação possa parecer, ela estará sempre seguindo um modelo matemático desenvolvido para descrever a natureza, e este modelo poderá ser uma boa imitação ou, por outras vezes, um autêntico absurdo. Uma simulação pode tão somente imitar determinados aspectos da realidade, mas nunca a sua total complexidade. Uma simulação, por isso, nunca pode provar coisa alguma. O experimento real será sempre o último juiz. (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002, p.83)

Com isso, percebe-se a necessidade de trabalhos que trazem essa discussão sobre os modelos na Física, a relação de um simulador com o modelo e de suas limitações com relação a realidade.

3) Multimídia

Esta forma baseia-se na utilização de hipermídias, ou seja, um programa que pode incluir vários elementos, como textos, sons, imagens, vídeos, entre outros. Nesse modo entram os recursos áudio visuais, hipertextos e ambientes virtuais. São alternativas bem interessantes pois um filme ou um programa multimídia têm um forte apelo emocional e, por isso, motivam a aprendizagem dos conteúdos apresentados pelo Professor. (ROSA, 2000, p.39).

4) Realidade Virtual

A realidade virtual é uma tecnologia que tem por finalidade facilitar a interação entre a pessoa a máquina e um ambiente totalmente virtual constituído por modelos

tridimensionais, armazenado e gerenciado por um computador, de modo a criar uma convincente ilusão possível do que está em outra realidade. Nesse caso encaixam-se o uso de jogos eletrônicos no ensino, óculos de realidade aumentada e entre outras tecnologias. Existem jogos pedagógicos que são feitos para o ensino, por outro lado temos os jogos feitos para recreação que também podem ser utilizados no ensino desde que tenham objetivos pedagógicos,

[...] os softwares educacionais, entre eles os jogos, “devem possuir objetivos pedagógicos e sua utilização deve estar inserida em um contexto e em uma situação de ensino baseados em uma metodologia que oriente o processo, através da interação, da motivação e da descoberta, facilitando a aprendizagem de um conteúdo” (Prieto et al., 2005, p.10 apud SAVI e ULBRICHT, 2008, p.3).

5) Internet

A internet no ensino pode ser de grande utilidade, tanto dentro como fora da sala de aula, devido ao fácil acesso a informação, ela atualmente pode ser entendida como a maior e mais ativa de todas as bibliotecas do mundo, deste modo o professor ou o aluno podem realizar pesquisas em tempo real e com respostas imediatas, mas cabe ao professor ajudar o estudante a procurar e selecionar informação nessa imensidão de informações que é a internet (MEDEIROS & MEDEIROS, 2002).

3. METODOLOGIA

Nossa pesquisa se propõe obter um panorama das publicações dos últimos anos sobre o Ensino de Física Moderna através das TDIC, buscando compreender suas limitações e possibilidades para o ensino de Física Moderna.

Nesse sentido, para representar uma fonte de informação, analisamos um conjunto de publicações referentes aos trabalhos apresentados nos eventos da área de Ensino de Física e em Ciências no Brasil e artigos de revistas da área. Essas publicações constituíram os documentos onde buscamos resposta para a investigação proposta.

O objetivo da análise documental é identificar informações que sirvam de subsídio para responder as questões de pesquisa. Segundo Ludke e André (1986), a análise de documentos representa um processo importante na pesquisa qualitativa para buscar informações sobre novos temas ou questões.

Para esta revisão foram selecionados 67 artigos dos principais encontros e periódicos de Ensino de Física e Ciências no período de 2007 à 2017, estes são: SNEF, ENPEC, Revista Brasileira de Ensino de Física e Caderno Brasileiro de Ensino de Física. O EPEF foi selecionado num período diferente de 2010 à 2017 pois o *link* do XI EPEF 2008 estava indisponível¹.

3.1. SOBRE OS EVENTOS

O Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) é um evento promovido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), possui periodicidade bienal e a cada evento é alterado o local de realização. Do SNEF participam alunos e professores dos diversos níveis de ensino, interessados em debater questões relacionadas ao ensino e aprendizagem de Física, à pesquisa realizada no campo de investigação do Ensino de Física e à formação de profissionais para atuarem nesse campo, quer como docentes ou como pesquisadores.

O Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) também acontece a cada dois anos, abertos a todos os pesquisadores que vêm realizando investigações na área de ensino de Física, Química, Biologia, Matemática,

¹ O site abre normalmente, porém ao selecionar algum trabalho uma mensagem de erro aparece: Arquivo de inclusão não encontrado - erro 'ASP 0126'. Acesso em 14 mar. 2018.

Geociências, Educação para a Saúde, Educação Ambiental e áreas afins, inclusive os estrangeiros, sem distinção entre professores pesquisadores da educação básica e da educação superior ou entre professores e estudantes.

O Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) também é promovido pela SBF e acontece a cada dois anos. Seu objetivo é proporcionar um ambiente de discussões e debates sobre a pesquisa em ensino de Física e a disseminação dos resultados de investigações. O evento congrega pesquisadores e estudantes de pós-graduação que desenvolvem pesquisas na área de ensino de Física.

A Revista Brasileira de Ensino de Física é uma publicação de acesso livre da SBF, com publicação em média a cada três meses, voltada à melhoria do ensino de Física em todos os níveis de escolarização. Através da publicação de artigos de alta qualidade, revisados por pares, a revista busca promover e divulgar a Física e ciências correlatas, contribuindo para a educação científica da sociedade como um todo. Ela publica artigos sobre aspectos teóricos e experimentais de Física, materiais e métodos instrucionais, desenvolvimento de currículo, pesquisa em ensino, história e filosofia da Física, política educacional e outros temas pertinentes e de interesse da comunidade engajada no ensino e pesquisa em Física.

O Caderno Brasileiro de Ensino de Física é uma publicação quadrimestral, arbitrada, indexada, de circulação nacional, voltado prioritariamente para os cursos de formação de professores de Física.

3.2. SELEÇÃO DOS ARTIGOS

Primeiramente foram separados todos os artigos sobre Ensino de Física Moderna e Contemporânea, utilizando na barra de buscas do evento palavras como: moderna, quântica, fotoelétrico, relatividade, partícula, nanotecnologia. Caso o evento não tivesse a opção de busca por palavras-chave, foi pesquisado manualmente dentro da programação do evento em cada Comunicação Oral, Painel ou Pôster, para assim conseguir todos os artigos que tratassem o tema de FMC, no total foram encontrados 247 artigos.

A segunda etapa foi filtrar dentro de cada artigo dos selecionados, qual deles tratavam o ensino de FMC com o uso das TDIC no Ensino Médio (EM), para isso foi

realizada a leitura do resumo de cada um e então utilizando a barra de buscas dentro do próprio artigo para encontrar palavras como: tecnologia, *software*, simulador, simulação, “simula”, computador, mídia, vídeo, virtual, deste modo sobraram 67 artigos para a pesquisa.

Os conteúdos encontrados foram: *Modelos Atômicos, Radioatividade, Raios-x, Supercondutores, Relatividade Restrita e Geral, Semicondutores, Física de Partículas, Nanotecnologia, Espectroscopia, Dualidade onda-partícula, Radiação de Corpo Negro e Efeito Fotoelétrico*. Foi criado um tópico chamado “geral” que corresponde aos artigos que tratam de vários temas, não se encaixando em nenhum em específico. Posteriormente foram divididos com relação ao uso das TDIC, baseado em Fiolhais e Trindade (2003) as formas de utilização do computador no ensino são: *Aquisição de dados, Simulação, Multimídia, Realidade Virtual e Internet*.

3.3. ANÁLISE DE DADOS

Visando a produção de uma unidade analítica das informações recolhidas, elaboramos uma análise de conteúdos, aproximando-se do entendimento dado por Ludke e André (1986). Esses autores sugerem que tal metodologia permite levantar dados, descrever e interpretar o conteúdo dos textos dentro do contexto da questão de pesquisa.

Para a discussão dos artigos, foi feita a leitura detalhada de cada um, produzindo um breve resumo que buscava as seguintes pontuações: conteúdo abordado, objetivos, metodologia, tecnologia utilizada e resultados, assim, dando início ao desenvolvimento da revisão bibliográfica, no intuito de apresentar ao leitor o estado da arte do tema de pesquisa, para isso utilizou-se as categorias com relação ao uso das TDIC para apresentar os vários temas tratados de cada maneira.

4. RESULTADOS

4.1. DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

A seguir serão mostrados os resultados das buscas nos eventos e revistas de ensino de física e ciências dos artigos encontrados que se enquadram nos objetivos da pesquisa.

4.1.1. Busca na RBEF

Foi realizada a busca no site da revista e selecionado todas as versões dos últimos dez anos, utilizando palavras-chave como: moderna, fotoelétrico, relatividade, nanotecnologia, quântica. Foram encontrados 70 artigos que tratavam de ensino de FMC, posteriormente foram selecionados 3 trabalhos que se enquadravam no interesse da pesquisa, selecionados através da leitura do título, do resumo e busca de palavras-chave que remetessem ao uso das TDIC.

- Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico (SALES. et al. 2008).
- História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio (MORAIS; GUERRA, 2013).
- Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio (SILVEIRA; GIRARDI, 2017).

4.1.2. Busca no CBEF

Em cada uma das edições do CBEF dos últimos dez anos, foi realizada a busca no site da revista utilizando palavras-chave como: moderna, fotoelétrico, relatividade, nanotecnologia, quântica. Encontramos 34 artigos que tratavam de ensino de FMC, posteriormente foram selecionados 6 que se enquadravam no interesse da pesquisa, selecionados através da leitura do título, do resumo e busca de palavras-chave que remetessem ao uso de TDIC.

- Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico (OLIVEIRA; DICKMAN, 2012).
- Controle remoto: princípio de funcionamento (parte 1 de 2) (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2013).
- Controle remoto: princípio de funcionamento (parte 2 de 2) (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2014).
- Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos (SOARES; MORAES; OLIVEIRA, 2015).
- Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio (SANTANA; SANTOS, 2017).
- Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio (FERNANDES. et al. 2017).

4.1.3. Busca no EPEF

Em cada uma das 4 versões do EPEF foram feitas buscas dentro de cada comunicação oral, painel e pôster através da leitura dos títulos e resumos dos artigos em busca de todos que trabalhassem com FMC. Encontramos 55 artigos que tratavam de ensino de FMC, posteriormente foram selecionados 6 que se enquadravam no interesse da pesquisa, selecionados através da leitura do título, do resumo e busca de palavras-chave que remetessem ao uso de TDIC.

- Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna (BARRELO Jr.; CARVALHO, 2010).
- A construção de significados sobre a natureza da luz: Um estudo utilizando o IMZ (HOHENFELD; PENIDO; LAPA, 2012).
- Física moderna e contemporânea no ensino médio: Uma proposta de ensino sobre espectroscopia (SANTOS; SOUZA Jr.; SIQUEIRA, 2012).

- A física de partículas na prática didático-pedagógica dos participantes da escola de física CERN (LONDERO; TEÓFILO, 2014).
- Física quântica no ensino médio: Análise Bakhtiniana de uma aula sobre a dualidade onda-partícula (TELICHEVESKY; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2014)
- Uso da linguagem de programação SCRATCH como recurso auxiliar para o ensino de física quântica (LIMA; CUNHA; PINHEIRO, 2016)

4.1.4. Busca no ENPEC

Em cada uma das 7 edições do ENPEC foram feitas buscas dentro de cada comunicação oral, painel e pôster através da leitura dos títulos e resumos dos artigos em busca de todos que trabalhassem com FMC. Encontramos 66 artigos que tratavam de ensino de FMC, posteriormente foram selecionados 7 que se enquadravam no interesse da pesquisa, selecionados através da leitura do título, do resumo e buscas de palavras-chave que remetessem ao uso de TDIC.

- A apresentação de tópicos de mecânica quântica no ensino médio: Um considerável entrave (CAMPOS; VEIGA, 2009).
- O uso do interferômetro de Mach-Zehnder para promover argumentação no discurso de alunos do ensino médio (BARRELO Jr.; CARVALHO, 2011).²
- A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea (TIRONI. et al. 2013).
- Física moderna no ensino médio: Experimento e simulação para abordar o efeito fotoelétrico (ROSA; DICKMAN, 2015).
- Física de Partículas Elementares e a Utilização de Jogos no Ensino Médio (JESUS; JARDIM, 2017).

² Mesmo artigo que “Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna”. (BARRELO Jr.; CARVALHO, 2010). Publicado no XII ENPEC.

- Interações discursivas em aulas de Física Moderna e Contemporânea (MAFRA. et al. 2017).
- Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico (MANTOVANI, 2017).

4.1.5. Busca no SNEF

Em cada uma das 7 edições do SNEF foram feitas buscas dentro de cada comunicação oral, painel e pôster através da leitura dos títulos e resumos dos artigos em busca de todos que trabalhassem com FMC. Encontramos 200 artigos que tratavam de ensino de FMC, posteriormente foram selecionados 45 que se enquadravam no interesse da pesquisa, selecionados através da leitura do título do resumo e buscas de palavras-chave que remetessem ao uso de TDIC.

- Para o ensino de radiação de corpo negro no nível médio (VITOR; CORRÊA FILHO, 2007).
- Uma sequência de ensino sobre dispositivos condutores e semicondutores de nosso dia a dia (PAULA; ALVES, 2007).
- Uma proposta para o ensino do princípio da equivalência com a utilização da hipermídia (MACHADO; NARDI, 2007)
- Uma análise do uso de objeto de aprendizagem como ferramenta de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física quântica (VASCONCELOS. et al. 2007)
- Introduzindo conceitos de física quântica no ensino médio a partir de um interferômetro virtual de Mach-Zehnder (PEREIRA; OSTERMANN, 2009).
- O tema da supercondutividade no ensino médio: uma experiência didática centrada no uso de material hipermídia (SPOHR. et al. 2009).
- A elaboração de um pôster como material didático para abordar conceitos de produção de raios x e radioproteção em aulas de física (SOUZA; ARAÚJO, 2009).
- A utilização de e-labs na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio (CORREIA; CARVALHO, 2009).

- Conhecendo a física quântica: a dualidade onda-partícula (a reprodução de uma experiência de ensino como elemento formativo na licenciatura (ALVES, et al. 2009).
- Uma proposta pluralista para a inserção de física quântica no ensino médio. (ESCALERA. et al. 2011).
- Minicongresso com temas de física moderna (FILGUEIRA; SOARES, 2011).
- Produção de energia elétrica através de usinas termonucleares e hidrelétricas: Relato de uma atividade envolvendo aulas contextualizadas de física (MOTTA; CARDOSO; MACEDO, 2013).
- O ensino do efeito fotoelétrico para alunos do ensino médio por meio de suas aplicabilidades cotidianas (CANDIDO. et al. 2013).
- Obstáculos epistemológicos no estudo de modelos atômicos com o uso de simulações computacionais (PESSANHA; PIETROCOLA; COUSO, 2013).
- Uma sequência didática sobre a física moderna e contemporânea, proposta no contexto do PIBID, tendo a história da ciência como tema estruturador (ARANHA; SCHMIEDECKE, 2013).
- Elaboração de roteiros para vídeos usados como estratégia para introduzir conceitos de Física Aplicada no Ensino médio: Semicondutores (FREITAS; SIQUEIRA; OLIVEIRA, 2013).
- A utilização de um Blog para o Ensino-Aprendizagem de Física: Possibilidades para Fortalecer a Interação e Potencializar a Alfabetização Científica e Técnica (LEONEL, 2013)
- Uma discussão sobre nanociência e nanotecnologia em aulas de física da educação básica (SANTOS; LONDERO, 2015).
- A física moderna contemporânea no ensino médio: Desafios e possibilidades (MARTINS; PALMA; BOLDO, 2015).
- O ensino da radioatividade e física nuclear com o uso de simuladores (MORAES; OLIVEIRA; SOARES, 2015).
- Apresentando a teoria quântica no ensino médio através do efeito fotoelétrico (VIEIRA, 2015).

- O processo de argumentação no discurso de alunos do ensino médio em uma sequência de didática de física moderna (BARRELO Jr.; PAIVA; CARVALHO, 2015).
- Um olhar da transposição didática para uma sequência de ensino sobre radioatividade baseada na estrutura da TLS (BATISTA; SIQUEIRA, 2015).
- Partículas elementares e interações: Uma proposta de estudo para o ensino médio politécnico (JERZEWSKI; MACKEDANZ, 2015).
- A metodologia da instrução pelos colegas na formação de professores de física: uma análise das estratégias enunciativas em um minicurso de tópicos de mecânica quântica (VALENTIM. et al. 2015).
- Enfoque CTS para inserção de partículas elementares no ensino médio: Uma proposta de pesquisa a partir do LHC (ALVES; PARIZOTTO; GENOVESE, 2015).
- Radioatividade no nível médio: Proposta de uma sequência didática com enfoque na História e Filosofia da Ciência e no movimento CTS (RESQUETTI; FUSINATO; MURA, 2015).
- Relatividade restrita no ensino médio: Uma experiência didática (GROCH; BEZERRA Jr.; HIGA, 2015).
- Modelos atômicos e as novas tecnologias da informação e comunicação: uma proposta de ensino de física (LUZ, 2015).
- O Grupo de Física Moderna e Contemporânea do Colégio Pedro II: uma proposta de apresentação da Física Moderna e Contemporânea aos alunos do ensino médio do Campus São Cristóvão III (CAPOSSOLI. et al. 2015).
- Ensinando a lei de Wien no ensino médio (NEVES; CARVALHO; CHARRET, 2017).
- Dualidade partícula - Onda e difração de elétrons: Uma possibilidade para a inserção de conceitos de física moderna e contemporânea no segundo ano do ensino médio (NEVES; SILVA; CHARRET, 2017).
- A física moderna em sala de aula: uma sequência de ensino investigativo sobre a dualidade onda-partícula do elétron (LOPES; SACA; SASSERON, 2017).

- Proposta de uma UEPS para o ensino de semicondutores e o funcionamento do LED (SANTO; PIRES, 2017).
- Simulação computacional do interferômetro de Mach-Zehnder (PONTES; AGUIAR, 2017).
- Redes conceituais tecidas pela física quântica: O caso da evolução da atmosfera terrestre como condicionante para o desenvolvimento da vida (SILVA; CANATO Jr., 2017).
- Efeito fotoelétrico: Uma abordagem a partir de circuitos elétricos. (CABRAL; SILVA; MACIEL, 2017).
- Trabalhando de forma prática o experimento de detecção de ondas gravitacionais do observatório LIGO (NETO. et al. 2017).
- Energia nuclear no ensino médio com ênfase CTS. (PIRES; SILVA; BEMFEITO, 2017).
- A percepção dos alunos do ensino médio sobre o uso de um material instrucional para o estudo do efeito fotoelétrico (BENAQUIO; CAMILETTI, 2017).
- Análise e desenvolvimento de simuladores na física das radiações (MATOS; SANTANA; BARBOSA, 2017).
- Aplicação e avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa desenvolvida para ensinar relatividade especial no ensino médio (MARTINS. et al. 2017).
- Ensino da teoria da relatividade no ensino médio por meio de tecnologias da informação e comunicação (TICS): Desenvolvimento de um software e análise dos sentidos produzidos pelos alunos (MARTELI; BOZELLI, 2017).
- A música do hidrogênio: Relato de uma experiência musical e sua aplicação em sala de aula (MORAIS, 2017).
- Site física moderna contemporânea nas escolas – Da pesquisa à formação inicial de professores (GOMES; SALES; CRUZ, 2017).

Dessa forma podemos quantificar o número de trabalhos por evento, como mostra o gráfico da figura 1.

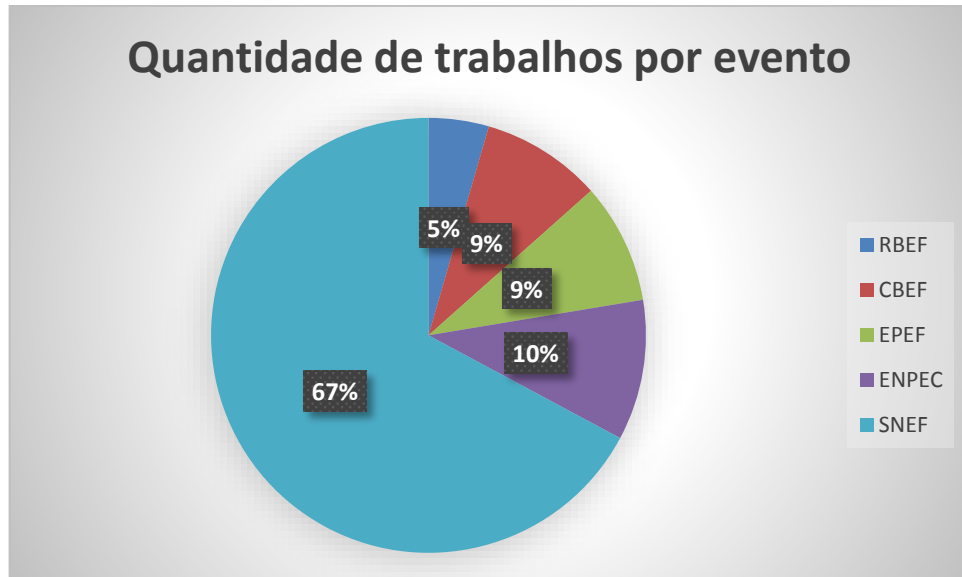


Figura 1. Gráfico da quantidade de trabalhos por evento. Fonte: Autor

Percebe-se que uma grande parcela (67%) dos trabalhos referentes a esta pesquisa se deve ao SNEF, como é um evento que envolve tanto alunos, professores de Ensino Superior e Ensino Médio, acaba tendo esse grande número de publicações, diferente do EPEF, por exemplo que engloba apenas alunos de pós-graduação e pesquisadores. As revistas apesar de terem uma periodicidade maior que os encontros, em média ficam com o mesmo número de publicações, pois em cada edição há um limite de trabalhos.

4.2. DISCUSSÃO DOS TRABALHOS

Nesta etapa faremos uma breve explanação do que foi encontrado nos artigos pertencentes à pesquisa, para não apresentar metodologias repetidas, ou até mesmo propostas muito parecidas, a discussão será dividida em cinco temas, com relação a forma de uso das TDIC: *Aquisição de dados*, *Simulação*, *Multimídia*, *Realidade Virtual* e *Internet*. Dentro de cada tema serão apresentados os números e os temas trabalhados destacando as diferentes metodologias encontradas.

No gráfico da figura 2, temos o número de trabalhos com relação ao uso de TDIC.

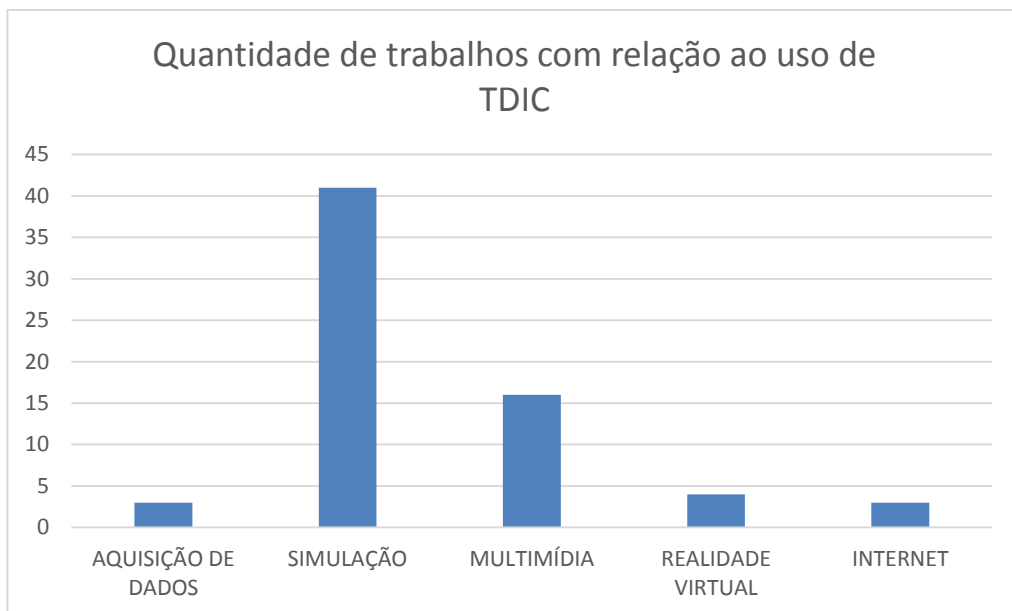


Figura 2. Gráfico da quantidade de trabalhos com relação ao uso de TDIC Fonte: Autor

Existem muito mais artigos de FMC com uso de TDIC na área de *Simulações* e *Multimídia* e uma carência na *Aquisição de dados*, *Realidade virtual* e uso da *Internet*. Uma das possibilidades deste destaque para as *Simulações* é que talvez seja uma das primeiras formas levantadas em artigos científicos sobre o uso dos computadores e suas possibilidades no ensino, portanto por esse fator histórico temos uma grande parcela das pesquisas nessa área.

4.2.1. Aquisição de Dados

Esta modalidade de uso das TDIC ainda não é tão explorada no ramo da FMC, por talvez ser a de maior complexidade de implementação, temos apenas 3 trabalhos,

um sobre *Efeito Fotoelétrico, Relatividade Geral* e outro de *Física de Partículas*, respectivamente:

- Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio (SILVEIRA; GIRARDI, 2017).
- Trabalhando de forma prática o experimento de detecção de ondas gravitacionais do observatório LIGO (NETO. et al. 2017).
- A utilização de e-labs na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio (CORREIA; CARVALHO, 2009).

Essa maneira de uso do computador didaticamente, talvez seja uma das mais interessantes, pois a partir de dados reais há a possibilidade de interpretá-los com um *software*. Muitas vezes é inviável o kit experimental em sala de aula, pelo seu alto custo, porém é possível obter dados reais em páginas confiáveis na internet e usá-los como base para a aula, como no trabalho de Correia e Carvalho (2009), “A UTILIZAÇÃO DE E-LABS NA INTRODUÇÃO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO”, que utilizando o laboratório virtual Cosmic Ray e-Lab³, uma versão reduzida de detector de múons, com eletrônica simplificada (adaptada em uma única placa eletrônica) e um sistema GPS (Global Positioning System) para caracterização da posição e do tempo de ocorrência de um evento. Há um portal (*virtual data grid*) onde os dados coletados por todos os detectores são armazenados, os autores fazem uso de uma tomada de dados realizada em 17 de março de 2008 pelo laboratório FERMILAB como exemplo para a criação de dois gráficos, a fim de entender melhor o funcionamento do site. Além disso, é fornecida uma interatividade imensa pelo próprio *software*, como é destacado nesse trecho:

O laboratório virtual sugere um guia de estudos que pode, ou não, ser seguido pelo professor. As atividades sugeridas incluem abordagens iniciais sobre medidas, cálculos, gráficos, perguntas e planejamentos sobre a pesquisa. Os participantes do *E-lab* têm a oportunidade de fazer as suas anotações em seu próprio diário, denominado *logbook*, ou até mesmo consultar as anotações de outros participantes do grupo de pesquisa. (Correia e Carvalho, 2009, p. 5)

Porém, os autores alertam que o uso dos laboratórios virtuais requer considerável quantidade de tempo para implementação e aprendizagem significativa

³ Disponível em: <<https://www.i2u2.org/elab/>>. Acesso em 03 de mai 2018.

dos estudantes, pois é fundamental que o professor conheça toda a estrutura do sítio. Sugerem que seja utilizado em projetos de vocação científica, que podem ser aulas em horários diferenciados da grade curricular. Uma limitação é que o E-lab em questão é todo na língua inglesa, algo que pode ser contornado com o auxílio do orientador.

Outra maneira do uso da *Aquisição de Dados* é com um kit experimental de baixo custo, usado nos dois outros artigos. No trabalho de nome, “DESENVOLVIMENTO DE UM KIT EXPERIMENTAL COM ARDUINO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO”, de Silveira e Girardi (2017), os autores mostram uma maneira de usar o computador para interpretar dados que são recebidos, tratados e exibidos em tempo real, em interfaces gráficas que também servem de instrumento de interatividade da pessoa com o experimento pois, é nelas que controlamos quais comandos serão enviados ao microcontrolador (no caso do artigo é o Atmega 328P, que compõe a plataforma Arduino Uno). O kit experimental utilizado é chamado de FOTODUINO, e consiste em um conjunto de lâmpadas, grade e placa (de ferro zincado ou zinco) e um dispositivo eletrônico de comunicação e controle desenvolvido com base na plataforma de desenvolvimento Arduino, utilizado para demonstrar qualitativamente o efeito fotoelétrico.

Esse mesmo dispositivo já foi testado para experimentos além do *Efeito Fotoelétrico*, também de condutividade elétrica do plasma e efeito termiônico. Para o *Efeito Fotoelétrico* a demonstração é apenas qualitativa, pois a placa e a grade não estão no vácuo. Ao serem ejetados, os elétrons rapidamente recombinaem com íons presente no ar circundante, impedido a determinação precisa do potencial de corte, porém pode ser usado de maneira qualitativa, já que o equipamento monitora a corrente fotoelétrica entre a placa (ligada no terminal negativo da fonte) e a grade, exibindo o gráfico da corrente versus tempo. As lâmpadas podem então ser acionadas a fim de verificar a variação da corrente, que inicialmente é nula. Percebe-se que com LED's de diferentes cores continua sem alteração, somente a lâmpada de catodo frio de mercúrio possui um espectro mais estreito com máximo em torno de 254 nm, sendo então capaz de produzir o efeito fotoelétrico no zinco, alumínio e cobre.

Esse kit experimental pode ser facilmente construído (Silveira; Girardi, 2017), não sendo necessário um conhecimento avançado em eletrônica, e o melhor,

apresenta baixíssimo custo o que viabiliza sua utilização em laboratórios didáticos de escolas públicas. Sem contar que a interface gráfica, disponível tanto para desktops quanto para dispositivos móveis, é de fácil utilização e se mostra atrativa para os jovens estudantes do ensino médio. A utilização da plataforma Arduino torna possível acessá-lo remotamente, oportunizando ao aluno realizar o experimento mesmo fora do ambiente escolar, bastando para isso acesso à internet.

4.2.2. Simulação

Dos 67 artigos selecionados, 41 utilizam de simuladores para ensinar FMC, como podemos ver pela figura 2, é a forma mais comum de se utilizar as TDIC, pelo menos no ensino de FMC nos últimos 10 anos.

O artigo de nome, “DUALIDADE PARTÍCULA - ONDA E DIFRAÇÃO DE ELÉTRONS: UMA POSSIBILIDADE PARA A INSERÇÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO SEGUNDO ANO DO ENSINO MÉDIO” de Neves, Silva e Charret (2017), traz uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o estudo da *Dualidade partícula-onda* e da difração de elétrons no segundo ano do Ensino Médio, defendendo que o uso do computador na educação pode ser de grande utilidade para maior interatividade e dinamismo do aluno com os conceitos trabalhados pelo professor na sala de aula, considerando que a simulação envolve a tomada de decisões, desta forma apresenta algumas possibilidades quanto ao uso de simulações:

No estudo realizado por Arantes et. al (2010), são apresentadas quatro possibilidades para o uso de simulações interativas no ensino, sendo elas: (i) em aulas expositivas, servindo de demonstração, onde o principal objetivo é a visualização dos conceitos abstratos;(ii) em atividades em grupos, recomendando a utilização de roteiro estruturado para explorar o simulador em questão; (iii) em lições de casa, onde o aluno poderá revisar os conceitos estudados com um roteiro estruturado, ou como introdução de novos temas;(iv) como práticas laboratoriais, devido à falta de infraestrutura das escolas, os simuladores podem ser utilizados, pois permitem repetir várias vezes o experimento e “ver o invisível”. (Arantes et. al, 2010 apud. Neves, Silva e Charret, 2017).

Seguindo nessa temática de *Dualidade onda-partícula*, temos um total de 13 artigos que trabalham com o uso das simulações:

- Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio (FERNANDES. et al. 2017).

- O uso do interferômetro de Mach-Zehnder para promover argumentação no discurso de alunos do ensino médio (BARRELO Jr.; CARVALHO, 2011).
- Interações discursivas em aulas de Física Moderna e Contemporânea (MAFRA. et al. 2017).
- Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna (BARRELO Jr.; CARVALHO, 2010).
- A construção de significados sobre a natureza da luz: Um estudo utilizando o IMZ (HOHENFELD; PENIDO; LAPA, 2012).
- Física quântica no ensino médio: Análise Bakhtiniana de uma aula sobre a dualidade onda-partícula (TELICHEVESKY; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2014)
- Introduzindo conceitos de física quântica no ensino médio a partir de um interferômetro virtual de Mach-Zehnder (PEREIRA; OSTERMANN, 2009).
- Conhecendo a física quântica: a dualidade onda-partícula (a reprodução de uma experiência de ensino como elemento formativo na licenciatura (ALVES, et al. 2009).
- Uma proposta pluralista para a inserção de física quântica no ensino médio (ESCALERA. et al. 2011).
- O processo de argumentação no discurso de alunos do ensino médio em uma sequência de didática de física moderna (BARRELO Jr.; PAIVA; CARVALHO, 2015).
- A metodologia da instrução pelos colegas na formação de professores de física: uma análise das estratégias enunciativas em um minicurso de tópicos de mecânica quântica (VALENTIM. et al. 2015).
- Dualidade partícula - Onda e difração de elétrons: Uma possibilidade para a inserção de conceitos de física moderna e contemporânea no segundo ano do ensino médio (NEVES; SILVA; CHARRET, 2017).
- Simulação computacional do interferômetro de Mach-Zehnder (PONTES; AGUIAR, 2017).

Destes artigos destaca-se o uso do simulador do Interferômetro de Mach-Zehnder (IMZ), que trata de um arranjo experimental muito sofisticado e difícil de reproduzir em laboratórios de ensino, além de que o regime monofotônico do feixe luminoso utilizado, só foi implementado em meados da década de 1980, em laboratórios de Física avançados, sendo praticamente impossível, por ora e pelos próximos anos, sua reprodução em laboratórios de ensino (OSTERMANN e RICCI, 2005). Assim o uso de um simulador torna-se um facilitador para levar este experimento ao EM.

Na maioria dos artigos desse grupo o objetivo é fazer o aluno criar argumentos para cada forma de entendimento quanto a natureza da luz: ondulatória, corpuscular, dualista realista e complementaridade. Segundo Hohenfeld, Penido e Lapa (2012), no artigo intitulado, “A CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS SOBRE A NATUREZA DA LUZ:UM ESTUDO UTILIZANDO O IMZ”, o objetivo é perceber os significados construídos nas atividades experimentais com uso das simulações computacionais, para isso fazem uma análise do discurso dos textos produzidos nas aulas. Dessa forma, identificam que a simulação computacional do IMZ possibilitou uma diversidade de interpretação de significados sobre a natureza da luz em concordância com as aceitas cientificamente (HOHENFELD, PENIDO E LAPA, 2012, p. 8), porém não foram identificadas interpretações sobre a complementaridade.

O conteúdo *Efeito Fotoelétrico*, possui 12 artigos que o discutem com uso de simuladores. Estes são:

- Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico (SALES. et al. 2008).
- Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico (OLIVEIRA; DICKMAN, 2012).
- Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio (SANTANA; SANTOS, 2017).

- A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea (TIRONI. et al. 2013).
- Física moderna no ensino médio: Experimento e simulação para abordar o efeito fotoelétrico (ROSA; DICKMAN, 2015).
- Interações discursivas em aulas de Física Moderna e Contemporânea⁴ (MAFRA. et al. 2017).
- Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico (MANTOVANI, 2017).
- Uma análise do uso de objeto de aprendizagem como ferramenta de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física quântica (VASCONCELOS. et al. 2007)
- O ensino do efeito fotoelétrico para alunos do ensino médio por meio de suas aplicabilidades cotidianas (CANDIDO. et al. 2013).
- A metodologia da instrução pelos colegas na formação de professores de física: uma análise das estratégias enunciativas em um minicurso de tópicos de mecânica quântica⁵ (VALENTIM. et al. 2015).
- Efeito fotoelétrico: Uma abordagem a partir de circuitos elétricos (CABRAL; SILVA; MACIEL, 2017).
- A percepção dos alunos do ensino médio sobre o uso de um material instrucional para o estudo do efeito fotoelétrico (BENAQUIO; CAMILETTI, 2017).

Ao longo da sequência dos artigos dois simuladores destacam-se, um bastante conhecido que é o do Phet Colorado⁶ e outro um objeto de aprendizagem (OA) conhecido como Pato Quântico⁷, que é uma metáfora do efeito fotoelétrico possibilitando o cálculo da constante de Planck.

⁴ Esse artigo aparece duas vezes pois ele trabalha com dualidade onda-partícula através do efeito fotoelétrico, portanto cabe nos dois temas.

⁵ Esse artigo também trabalha dualidade onda-partícula e efeito foto elétrico, então aparece duas vezes.

⁶ Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/photoelectric. Acesso em: 22 mar 2018.

⁷ O link está indisponível, mas tem um site com informações sobre esse AO.

<<http://www.cienciaao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=riv&cod= patoquantico>> Acesso em 22 mar 2018

Nos presentes trabalhos essas simulações foram utilizadas de forma expositiva, para gerar discussões ou ilustrar aspectos já discutidos, como é o caso do artigo com nome, “ESPECTROSCOPIA E MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA PARA A DISCUSSÃO DE CONCEITOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO” de Santana e Santos (2017), onde são elaboradas 13 aulas de 50 minutos cada, para discutir espectroscopia e modelos atômicos. Nesta proposta os simuladores aparecem em quatro momentos, mas na aula 11 é que é discutido o *Efeito fotoelétrico*, apresentando a hipótese dos quanta de luz de Einstein, partiu-se das limitações da Física clássica, como por exemplo a discrepância entre o tempo necessário e o previsto para a energia ser absorvida pelas cargas e a inesperada relação entre energia cinética, frequência e intensidade da radiação incidente. Para contemplar todas as discussões foi utilizado o simulador do PHET, de modo a ilustrar os aspectos que foram mencionados. Os autores optaram por usar as simulações de forma expositiva, porém destacaram que caso o professor queira que os estudantes o operem é necessário averiguar espaço físico e equipamentos compatíveis com o software e ainda reservar um tempo para ensiná-los a operar o simulador. Porém o uso ser de maneira expositiva não tira a necessidade de discutir o que são modelos na Física e apresentar as limitações de um simulador e o significado dos objetos, fato este que obrigou os professores a desmembrar a última aula da sequência (Santana e Santos, 2017, p.587).

Outra forma trabalhada é com um roteiro, onde os alunos que tomam as decisões na simulação, eles exploram seguindo o roteiro, que pode ser mais aberto dando uma maior liberdade ou mais fechado limitando a exploração. No trabalho de Sales et al (2008) foi utilizado o Objeto de Aprendizagem (OA) Pato Quântico, separando a turma em duplas e realizando três momentos na atividade de modelagem. Primeiramente houveram explicações teóricas e apresentação dos conceitos envolvidos, para então cada dupla explorar os recursos do software, livremente, no terceiro momento entrou o cálculo da constante de Planck através de informações obtidas no simulador. Para avaliar a aprendizagem significativa dos alunos foi feito um dossiê avaliativo que permitiu diagnosticar a opinião dos alunos sobre o simulador utilizado, com isso tiveram resultados muito positivos, os alunos compreenderam os objetivos, trabalharam com o simulador tendo uma boa noção dos modelos na física, porém algumas dificuldades podem ser destacadas, no caso

quando a pergunta fugia dos métodos utilizados nos exemplos a maioria das duplas não conseguiam obter resultados.

Os conteúdos *Radioatividade, Modelos Atômicos, Espectroscopia e Radiação de corpo negro* com uso de simulações computacionais conta com 14 artigos nessa pesquisa:

- Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos (SOARES; MORAES; OLIVEIRA, 2015).
- Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio⁸ (SANTANA; SANTOS, 2017).
- Uma sequência didática sobre a física moderna e contemporânea, proposta no contexto do PIBID, tendo a história da ciência como tema estruturador (ARANHA; SCHMIEDECKE, 2013).
- O ensino da radioatividade e física nuclear com o uso de simuladores (MORAES; OLIVEIRA; SOARES, 2015).
- Energia nuclear no ensino médio com ênfase CTS (PIRES; SILVA; BEMFEITO, 2017).
- Análise e desenvolvimento de simuladores na física das radiações (MATOS; SANTANA; BARBOSA, 2017).
- Física moderna e contemporânea no ensino médio: Uma proposta de ensino sobre espectroscopia (SANTOS; SOUZA Jr.; SIQUEIRA, 2012).
- Uso da linguagem de programação SCRATCH como recurso auxiliar para o ensino de física quântica (LIMA; CUNHA; PINHEIRO, 2016)
- Para o ensino de radiação de corpo negro no nível médio (VITOR; CORRÊA FILHO, 2007).
- Obstáculos epistemológicos no estudo de modelos atômicos com o uso de simulações computacionais (PESSANHA; PIETROCOLA; COUSO, 2013).

⁸ Artigo já mencionado na parte de efeito fotoelétrico, porém além desse conteúdo os autores trabalham também Modelos Atômicos e Espectroscopia.

- A física moderna contemporânea no ensino médio: Desafios e possibilidades (MARTINS; PALMA; BOLDO, 2015).
- Modelos atômicos e as novas tecnologias da informação e comunicação: uma proposta de ensino de física (LUZ, 2015).
- Ensinando a lei de Wien no ensino médio (NEVES; CARVALHO; CHARRET, 2017).
- Redes conceituais tecidas pela física quântica: O caso da evolução da atmosfera terrestre como condicionante para o desenvolvimento da vida (SILVA; CANATO Jr., 2017).

O artigo “ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SIMULADORES NA FÍSICA DAS RADIAÇÕES” de Matos, Santana e Barbosa (2017), trabalha com a elaboração de uma simulação sobre radioatividade com o intuito de explicar o conteúdo de maneira clara e objetiva, unindo assim duas disciplinas: Física e Lógica de Programação. Através de um levantamento bibliográfico sobre Física Nuclear, principalmente sobre os decaimentos, fissão e fusão e baseado em uma unidade unificada de modelagem para tornar o programa além de prático, didático, produziram o simulador no software Adobe Edge Animate cc 2014 que traz mais do que apenas as animações interativas, possui abas com os conteúdos extras com teoria e alguns conceitos relevantes. Esta ferramenta foi elaborada principalmente para uso no Ensino Médio, mas segundo os autores, nada impede de ser usada em cursos de graduação, com seus devidos aprofundamentos.

No artigo de nome, “ENERGIA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO COM ÊNFASE CTS” de Pires, Silva e Bemfeito (2017), os autores trabalham para que os estudantes além de ter conhecimento dos conceitos físicos também conheçam as implicações sociais, ambientais, econômicas e políticas do uso deste tipo de energia, para então ao fim realizar um debate simulado, onde parte da turma terá de defender o uso das usinas termonucleares e outra parte não. Ao longo do programa de aulas é utilizada a simulação de Fissão Nuclear do Phet⁹ com o objetivo de entender a fissão do urânio e a reação em cadeia, listar os diferentes tipos de isótopos do urânio na natureza, entender o funcionamento básico do reator nuclear e a construção de uma bomba atômica, na questão da proporção de urânio. Os alunos usavam o software de maneira

⁹ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/nuclear-fission>. Acesso em 25 abr 2018.

mais livre, porém havia um questionário a ser respondido, como um roteiro não tão fechado. Houve um bom engajamento dos alunos no projeto, trouxeram contribuições, investigaram, debateram, tiraram dúvidas, fizeram pesquisas e estudaram os textos. A motivação dos alunos teve seu ápice no momento em que eles conseguiram simular a bomba atômica, demonstrando bastante entusiasmo (PIRES; SILVA; BEMFEITO, 2017, p.6), o que mostra a eficácia do uso de simuladores no quesito motivador, para diagnosticar se foi relevante a aprendizagem, foi feita uma análise do discurso durante a atividade de debate simulado, percebeu-se um equilíbrio de opiniões favoráveis e contrárias à energia nuclear, os aspectos mais apresentados foram (em ordem decrescente): riscos; aspectos socioambientais; aspectos sociopolíticos; aspectos político-econômicos; planos de emergência. O uso dessas argumentações indica que a metodologia utilizada propiciou os alunos a discutirem questões que envolvem ciência, tecnologia e sociedade. Seguindo nas propostas de CTS temos também o artigo, “REDES CONCEITUAIS TECIDAS PELA FÍSICA QUÂNTICA: O CASO DA EVOLUÇÃO DA ATMOSFERA TERRESTRE COMO CONDICIONANTE PARA O DESENVOLVIMENTO DA VIDA” de Silva e Canato Jr. (2017) que com uma proposta interdisciplinar apresenta o uso de uma simulação de efeito estufa¹⁰ seguindo um roteiro, um pouco mais fechado, em grupos para que os alunos possam através desta atividade discutir sobre a composição da atmosfera, interação da luz do sol com os átomos e moléculas, formação de estromatólitos, camada de ozônio e o Ciclo de Chapman, espectro eletromagnético e os saltos quânticos nas moléculas de CO₂, e por fim a evolução da vida desde os primeiros seres e como a composição da nossa atmosfera contribuiu para isso.

Sobre o uso de *Simuladores* para ensino de *Modelos Atômicos* e *Espectroscopia* no artigo de nome, “MODELOS ATÔMICOS E AS NOVAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FÍSICA” de Luz, T. M. (2015) o autor afirma que as tecnologias tem um papel fundamental nas novas metodologias para o ensino das ciências, já que permitem maior interatividade e interação estudante-professor, estudante-estudante, estudante-conhecimento, professor-conhecimento, tornando assim mais ricos os contatos com novos conhecimentos (Luz, T. M., 2015, p.4). Nesse trabalho é utilizada a teoria dos Três Momentos Pedagógicos (TMP), que pode ser entendida de maneira

¹⁰ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/greenhouse> Acesso em 01/05/2018.

simplificada que, diante de concepções alternativas dos estudantes permitam ser-lhes expostas novas situações que provoquem mudanças conceituais e consequente construção de conhecimento (Luz, T. M., 2015, p.4). Com isso usa-se uma simulação sobre o modelo do átomo de hidrogênio¹¹, partindo de uma problematização inicial sobre o modelo atômico de Dalton, visando perceber as concepções alternativas e mostrando no simulador as falhas do modelo, para então levantar hipóteses sobre o modelo de Thomson, porém novamente problematizando e mostrando suas limitações a fim de aplicar o conhecimento apresentando as propostas do modelo atômico de Rutherford e Bohr, onde o estudante realiza a experimento virtual seguido de um roteiro, anotando os níveis de energia do estado inicial e final. No ramo da espectroscopia, usa-se um espectroscópio feito de CD de modo a mostrar a existência dos níveis de energia. Além da interatividade gerada durante as aulas na discussões e problematizações devido ao uso do simulador, o professor propõe a criação de um blog, onde todas as atividades feitas em sala serão publicadas e os estudantes podem acessar e comentar de casa tudo o que é postado na página.

Nos artigos, “PARA O ENSINO DE RADIAÇÃO DE CORPO NEGRO NO NÍVEL MÉDIO” de Vitor e Corrêa Filho (2007) e “ENSINANDO A LEI DE WIEN NO ENSINO MÉDIO” de Neves, Carvalho e Charret (2017), temos o uso da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel no uso das simulações, estas são roteirizadas de maneira investigativa, tornando o aluno como centro de toda a aula. Segundo Vitor e Corrêa Filho (2007) podemos constatar que é possível aos alunos aprenderem significativamente conceitos de física moderna e abre portas para outros temas que podem ser trabalhados da mecânica quântica.

Dos temas restantes que trabalham com simuladores temos 2 de semicondutores, 1 de física de partículas, 1 de raios X e 1 sobre relatividade restrita e geral.

- Uma sequência de ensino sobre dispositivos condutores e semicondutores de nosso dia a dia (PAULA; ALVES, 2007).
- A elaboração de um pôster como material didático para abordar conceitos de produção de raios x e radioproteção em aulas de física (SOUZA; ARAÚJO, 2009).

¹¹ Disponível em: <http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/hydrogen-atom> Acesso em 01/05/2018.

- Proposta de uma UEPS para o ensino de semicondutores e o funcionamento do LED (SANTO; PIRES, 2017).
- Relatividade restrita no ensino médio: Uma experiência didática (GROCH; BEZERRA Jr.; HIGA, 2015).

Os artigos de nome, “A FÍSICA DE PARTÍCULAS NA PRÁTICA DIDÁTICO-PEDAGÓGICA DOS PARTICIPANTES DA ESCOLA DE FÍSICA CERN”, de Londero e Teófilo (2014) e “RELATIVIDADE RESTRITA NO ENSINO MÉDIO: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA” de Groch, Bezerra Jr. e Higa (2015), apesar de usarem simulações para discutir física de partículas e relatividade, respectivamente, não descrevem como foi utilizado o software e acabam não concluindo a respeito.

Já nos artigos, “UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE DISPOSITIVOS CONDUTORES E SEMICONDUTORES DE NOSSO DIA A DIA” de Paula e Alves (2007) e “PROPOSTA DE UMA UEPS PARA O ENSINO DE SEMICONDUTORES E O FUNCIONAMENTO DO LED” de Santo e Pires (2017), o simulador utilizado é um de semicondutores do Phet¹². Santo e Pires (2017) propõem uma UEPS de 8 aulas que começa com uma discussão sobre a aplicação dos LED's, uma problematização inicial a respeito do gasto de energia de lâmpadas e televisores, para então um aprofundamento do conteúdo, nesse momento após algumas aulas entra o simulador como consolidador do conteúdo apresentado, os estudantes farão a atividade como lição de casa, guiada por um questionário, que leva o aluno a pensar sobre os efeitos de dopagem e o que acontece ao inverter a tensão, posteriormente é feita uma aula de discussão e aprofundamento de conteúdo a respeito da atividade e é elaborado um mapa conceitual para tornar o conteúdo mais significativo. Não há resultados pois não foi aplicado a unidade, apenas proposta.

4.2.3. Multimídia

Usar de recursos áudio visuais (RAV'S), hipertextos e ambientes virtuais para ensinar FMC é algo bastante difundido e pesquisado, foram encontrados 16 artigos

¹² Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/semiconductor>. Acesso em 03 mai 2018.

que trabalham nesse ramo, o que torna o uso de multimídias a segunda forma mais comum de usar TDIC para ensinar FMC.

Dentre as multimídias o uso de RAV's ganha destaque, dos 16 artigos separados para essa pesquisa, 13 utilizam RAV's para ensinar FMC no EM. Muitos deles não destacam o uso dos vídeos, porém a ferramenta aparece dentro a metodologia utilizada.

Foram descritas 8 formas de utilizar os vídeos no ensino, segundo Rosa (2000) e Ferrés (1996), conforme citados por Leal G. C. (2017, p.25-27):

- Motivador: Funciona como um agente motivador da aprendizagem para o aluno devido seu forte apelo emocional.
- Demonstração: Serve como uma ferramenta que facilita a demonstração de uma explicação através da exploração das propriedades dos vídeos.
- Organizador prévio: Pode servir como uma forma de preparo para construir uma ponte de ligação que facilite a assimilação de um novo conteúdo.
- Vídeo-apoio: “Neste caso, os instrumentos audiovisuais exercem um papel de apoio à dissertação do professor mostrando particularidades dos assuntos sobre os quais ele discorre” (ROSA, 2000, p. 40).
- Vídeo-interativo: “Programas multimídias são bastante úteis quando queremos trabalhar com a manipulação de modelos da realidade, podendo ser poderosos aliados do professor” (ROSA, 2000, p. 40). É uma forma de unir tecnologia de vídeo com a informática, uma complementando a outra como um tipo de hipermídia (FERRÉS, 1996).
- Vídeo-lição: Quando a utilização do vídeo é feita com uma função próxima ou igual à da aula expositiva tradicional, que pode até ser útil dependendo dos objetivos (FERRÉS, 1996).
- Vídeo-processo: O aluno é responsável pelo processo de criação do vídeo ou de parte do processo, sendo sujeito ativo no processo de criação do RAV FERRÉS (1996).
- Vídeo-monoconceitual: Desenvolve de maneira intuitiva um só conceito, com foco em um assunto específico, o vídeo geralmente é breve e tem uma atividade como objetivo (FERRÉS, 1996).

Dentre os 13 artigos que utilizam vídeos, temos 4 que trabalham com o conteúdo *Radioatividade*:

- História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio (MORAIS; GUERRA, 2013).
- Produção de energia elétrica através de usinas termonucleares e hidrelétricas: Relato de uma atividade envolvendo aulas contextualizadas de física (MOTTA; CARDOSO; MACEDO, 2013).
- Um olhar da transposição didática para uma sequência de ensino sobre radioatividade baseada na estrutura da TLS (BATISTA; SIQUEIRA, 2015).
- Radioatividade no nível médio: Proposta de uma sequência didática com enfoque na História e Filosofia da Ciência e no movimento CTS (RESQUETTI; FUSINATO; MURA, 2015).

Temos um trabalho de cada um dos seguintes conteúdos: *Dualidade onda-partícula*, *Nanotecnologia*, *Física de partículas*, *Modelos Atômicos* e um com vários temas como *Modelos Atômicos*, *Fotossíntese*, *Fissão Nuclear*, entre outros. Que são respectivamente:

- A física moderna em sala de aula: uma sequência de ensino investigativo sobre a dualidade onda-partícula do elétron (LOPES; SACA; SASSERON, 2017).
- Uma discussão sobre nanociência e nanotecnologia em aulas de física da educação básica (SANTOS; LONDERO, 2015).
- Enfoque CTS para inserção de partículas elementares no ensino médio: Uma proposta de pesquisa a partir do LHC (ALVES; PARIZOTTO; GENOVESE, 2015).
- A música do hidrogênio: Relato de uma experiência musical e sua aplicação em sala de aula (MORAIS, 2017).
- Produção de energia elétrica através de usinas termonucleares e hidrelétricas: Relato de uma atividade envolvendo aulas contextualizadas de física (MOTTA; CARDOSO; MACEDO, 2013).

Nenhum destes artigos tem enfoque no uso de vídeos ou RAV's de forma geral, para o ensino, porém ao longo da metodologia utilizaram a ferramenta com algum objetivo, na maioria de forma introdutória, ou para gerar discussões. Em todos eles os vídeos são utilizados como fator motivador e organizador prévio, para introduzir ou concluir algum conteúdo, como, por exemplo no trabalho de nome, "UM OLHAR DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA PARA UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO SOBRE RADIOATIVIDADE BASEADA NA ESTRUTURADA TLS" de Batista e Siqueira (2015), que para introduzir o tema radioatividade utilizam de vídeos curtos que envolviam acidentes e contaminação radioativa, de forma a problematizar a questão local, regional e global. Juntamente havia um questionário inicial para compreender as concepções prévias dos estudantes acerca do conteúdo e também como ele interpreta aquela informação audiovisual. Também notamos algo desse aspecto no artigo de nome, "RADIOATIVIDADE NO NÍVEL MÉDIO: PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ENFOQUE NA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA E NO MOVIMENTO CTS" de Resquetti, Fusinato e Mura (2015), porém com uma proposta de Ciência, Tecnologia e Sociedade e História e Filosofia da Ciência, que através de um vídeo introdutório abordando o acidente de Fukushima gerou questionamentos e discussões a respeito da energia nuclear, suas vantagens e desvantagens.

Já no único artigo sobre semicondutores da parte de *multimídia*, temos o de nome, "ELABORAÇÃO DE ROTEIROS PARA VÍDEOS USADOS COMO ESTRATÉGIA PARA INTRODUIR CONCEITOS DE FÍSICA APLICADA NO ENSINO MÉDIO: SEMICONDUTORES" de Freitas, Siqueira e Oliveira (2013), a proposta se mostra um pouco diferente, são produzidos 4 vídeos curtos para ensinar conceitos relacionados aos materiais semicondutores. Nesse caso a sequência de vídeos se encaixa melhor na categoria de vídeo-lição, os vídeos são gravados pelos professores que abordam da mesma maneira que uma aula tradicional, pois os autores têm como objetivo também que esse vídeo seja visto fora de sala de aula. Os autores ressaltam alguns cuidados ao utilizarmos vídeos na sala e aula:

- É necessário ter em mente que um estudante não compreende um vídeo sobre ciência da mesma forma que compreende um filme de comédia, mesmo que eles tenham formatos e atores parecidos ROSA (2008, apud Freitas, Siqueira e Oliveira, 2013).

- A compreensão de um vídeo não ocorre somente de maneira racional, mas também sensitiva.
- O estudante/espectador reage diante de estímulos, e não apenas diante de argumentações.

Outro trabalho que usa os RAV's como fator motivador é o de nome, “A MÚSICA DO HIDROGÊNIO: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA MUSICAL E SUA APLICAÇÃO EM SALA DE AULA” de Moraes (2017), nesse trabalho é relatado uma experiência musical feita com o espectro atômico do hidrogênio, onde a altura das ondas emitidas pelo seu átomo é alterada para ser audível e em seguida uma música é criada com essas ondas. O objetivo é trabalhar Física juntamente com elementos artísticos, o fator motivador foi um vídeo sobre o “som do hidrogênio” produzido pelo canal MinutePhysics¹³, com isso surgiu a ideia de trabalhar os espectros do átomo de hidrogênio, abrindo possibilidade até mesmo para ensinar ondulatória de forma prática. Dessa forma pelo caráter sensível da música no cotidiano dos estudantes o autor concluiu que é possível conseguir uma eficiência maior nesse método quando comparado com o ensino de forma tradicional, muito menos intuitivo e formalmente teórico.

Sobre o conteúdo *Efeito Fotoelétrico* temos três artigos que discutem, dois com software de áudio e um com uso de vídeos:

- Controle remoto: princípio de funcionamento (parte 1 de 2). (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2013).
- Controle remoto: princípio de funcionamento (parte 2 de 2). (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2014).
- Apresentando a teoria quântica no ensino médio através do efeito fotoelétrico (VIEIRA, 2015).

Seguindo no uso de softwares de áudio, temos os artigos de nome, “CONTROLE REMOTO: PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO (PARTE 1 DE 2)” e “CONTROLE REMOTO: PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO (PARTE 2 DE 2)”,

¹³ Canal do Youtube focado no ensino de física e apresentado pelo físico Henry Reich. O canal geralmente tem vídeos de poucos minutos, nos quais se apresentam diversas curiosidades sobre física de forma bem didática. (<https://www.youtube.com/user/minutephysics>)

ambos de Cavalcante, Rodrigues e Bueno (2013 e 2014), que nesses dois artigos abordam o efeito fotoelétrico como pano de fundo, mas também faz parte do cenário a compreensão do “modo como se propaga a informação” e da “frase binária”. A ideia é utilizar as ondas eletromagnéticas na faixa do infravermelho emitidas por um controle remoto, posicionando-o diante de uma câmera digital (estudar os sensores: Energia do Fóton) e utilizando o software Audacity para visualizar esses sinais. Um trabalho bastante técnico, que não traz relatos sobre como foi a aplicação, mas possibilita uma maneira diferente de tratar alguns conteúdos de FMC, dando ênfase no *Efeito Fotoelétrico*.

Os outros três artigos que fecham a parte da *multimídia* utilizam de hipermídias, ambientes virtuais que possibilitam uma infinidade de possibilidades, desde o uso de hipertextos, animações, links e ramificações de conexão dos conteúdos.

- A apresentação de tópicos de mecânica quântica no ensino médio: Um considerável entrave (CAMPOS; VEIGA, 2009).
- Uma proposta para o ensino do princípio da equivalência com a utilização da hipermídia (MACHADO; NARDI, 2007).
- O tema da supercondutividade no ensino médio: uma experiência didática centrada no uso de material hipermídia (SPOHR. et al. 2009).

O trabalho de nome, “UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO PRINCÍPIO DA EQUIVALÊNCIA COM A UTILIZAÇÃO DA HIPERMÍDIA” de Machado e Nardi (2007) apresenta uma proposta de introduzir no EM a *Relatividade Geral* através do uso de uma hipermídia, um *software* denominado *Tópicos de Física Moderna*, fundamentado na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel (1976). Os autores defendem que o *princípio da equivalência* é uma boa forma de introduzir a *Relatividade Geral* no EM, pois contribui para que estes desenvolvam uma nova concepção sobre a natureza da interação gravitacional e quanto ao próprio universo, vislumbrando também alguns impactos dessas ideias sobre a Tecnologia, a Sociedade e a Cultura (Machado, D. I.; Nardi, R. 2007 p. 3). A hipermídia sugerida, *Tópicos de Física Moderna*, é composta por uma sequência de telas, chamada de *trilhas*, e estas vão apresentando os conceitos em grau crescente de especificidade.

a) Trilha I: Introdução ao Módulo Visão Inicial; Conceitos de Física Clássica; Conceitos de Física Moderna.

b) Trilha II: Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade; Biografia de Albert Einstein; Metodologia dos Programas de Pesquisa.

c) Trilha III: Introdução ao Módulo Teoria da Relatividade; Teoria da Relatividade Geral.

d) Trilha IV: Buracos Negros; Ondas Gravitacionais.

Onde cada trilha tem um objetivo, que segundo os autores:

A primeira trilha visa a contribuir para a percepção do fato de que os conceitos da Física evoluem, o estabelecimento da distinção entre Física Clássica e Física Moderna e a obtenção de uma noção geral e qualitativa de diversos conceitos fundamentais da Física Moderna. A segunda trilha objetiva facultar a construção de uma visão histórica do surgimento e desenvolvimento da Teoria da Relatividade, evidenciar o lado humano do empreendimento científico – incluindo aspectos psicológicos, éticos e sociais – e favorecer a conscientização quanto ao caráter provisório e descontínuo do conhecimento científico. A terceira trilha tem a finalidade de propiciar o entendimento do princípio da equivalência e de algumas de suas implicações para a Astrofísica, a Cosmologia e a Engenharia. A quarta trilha tem o propósito de possibilitar o conhecimento de fenômenos previstos pela Relatividade Geral e evidenciar alguns dos limites na compreensão propiciada por essa teoria. (Machado, D. I.; Nardi, R. 2007 p. 6)

Dentro de cada *trilha* existem hipertextos com imagens, *links* para animações e filmes, para tornar os temas de estudo mais próximos dos estudantes e favorecer a ancoragem de conceitos na estrutura cognitiva, são colocadas também questões e problemas para instigar a reflexão do aluno e fomentar as discussões de sala. Além de alguns destes *links* levarem também a organizadores prévios, de modo a fazer o estudante realizar uma ligação entre seus conhecimentos prévios e as novas ideias.

Com isso percebe-se a infinidade de possibilidade que as hipermídias nos proporcionam. Quando empregadas de maneira coerente e bem exploradas, podem trazer resultados satisfatórios. Infelizmente neste trabalho não temos resultados, pois é apenas uma proposta, não foi feita a aplicação, mas as expectativas são boas, inclusive a aplicação trará possibilidade de incrementar e aperfeiçoar o *software*.

Há também o trabalho de nome, “O TEMA DA SUPERCONDUTIVIDADE NO ENSINO MÉDIO: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA CENTRADA NO USO DE MATERIAL HIPERMÍDIA”, de Spohr. et al (2009), que procura divulgar os resultados durante a introdução da *Supercondutividade*, no EM. O fenômeno da supercondutividade ilustra uma série de aplicações potencialmente motivadoras para os alunos, ainda mais quando acrescentado o *software* de hipermídia, que foi

produzido em Flash¹⁴, nele continha toda uma rede de conceitos para trabalhar desde o eletromagnetismo aos modelos atômicos para explicar a teoria de condução e no fim trabalhar supercondutores. A hipermídia continha *links* para vídeos, aplicações, hipertextos e o mais interessante é que existe uma aba para o professor aprofundar-se no conteúdo.

Os resultados foram obtidos através de questionários, um inicial e um final, para realizar a análise da evolução dos conceitos ao longo de toda a proposta, a turma conseguiu obter uma aprendizagem significativa através da interação entre colegas, consulta à professora e com a leitura do material didático especialmente preparado para essa finalidade, porém algumas ressalvas foram feitas, como a necessidade de um aprofundamento maior nas discussões, pois nessa situação os alunos tinham muitas dúvidas sobre eletromagnetismo, o que acabou reduzindo o tempo de discussão sobre supercondutividade num geral. Os alunos enfatizaram várias vezes a necessidade de analogias na compreensão dos fenômenos apesar de que, muitas vezes, a transposição da analogia para o fenômeno físico real fosse difícil, talvez pela dificuldade dos alunos em se expressar na forma escrita.

4.2.4. Realidade Virtual

Outra maneira do uso de TDIC no ensino é a *Realidade Virtual*, onde encaixam-se o uso de jogos com finalidade pedagógica. O uso dos jogos no ensino pode ser um fator motivador, estimulando os estudantes a vencer desafios, nesse caso, compreender os fenômenos físicos. Segundo SILVA e SOUZA (2013):

Os jogos através do entretenimento atingem milhões de pessoas, sendo que, durante o jogo, as pessoas se mostram mais focadas e motivadas a superar os desafios. Os jogos, cuja finalidade é educacional, não só permitem criar um ambiente de realidade virtual, onde o aluno interage com o objeto de estudo, como também permitem que ele mesmo tire suas conclusões, aprenda com os erros encontrados e seja proativo nas tomadas de decisão. (Silva, G. C., & de Sousa, P. M., 2013, p. 517).

Foram encontrados quatro artigos que usam os jogos¹⁵ como ferramenta para o ensino de FMC no EM, dois sobre *Física de partículas* e dois sobre *Relatividade Restrita*, respectivamente:

¹⁴ Flash é um tipo de animação usada em páginas da internet de modo a trazer mais interatividade com o usuário.

¹⁵ Vale ressaltar que a modalidade, jogos, aqui descrita, são apenas jogos virtuais, pois estes se encaixam na temática da pesquisa.

- Física de Partículas Elementares e a Utilização de Jogos no Ensino Médio (JESUS; JARDIM, 2017).
- Partículas elementares e interações: Uma proposta de estudo para o ensino médio politécnico (JERZEWSKI; MACKEDANZ, 2015).
- Aplicação e avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa desenvolvida para ensinar relatividade especial no ensino médio (MARTINS. et al. 2017).
- Ensino da teoria da relatividade no ensino médio por meio de tecnologias da informação e comunicação (TICS): Desenvolvimento de um software e análise dos sentidos produzidos pelos alunos (MARTELI; BOZELLI, 2017).

Os autores Jesus e Jardim (2017), trazem uma revisão de literatura sobre a utilização de jogos no ensino de *Física de Partículas*, no trabalho de nome, “FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES E A UTILIZAÇÃO DE JOGOS NO ENSINO MÉDIO”, constataram uma carência de publicações acadêmicas, apenas cinco que de fato encaixaram na pesquisa, mesmo com as necessidades de investimentos em recursos e capacitações apresentadas no ensino da FMC.

Já no trabalho de nome, “PARTÍCULAS ELEMENTARES E INTERAÇÕES: UMA PROPOSTA DE ESTUDO PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO” de Jerzewski e Mackedanz (2015), uma proposta é apresentada com o objetivo de trazer o aluno para discussões contemporâneas na área da Física, foram feitas várias atividades, dentre elas, a leitura de dois livros, “O discreto charme das Partículas Elementares” e “O Mágico dos Quarks”, também o uso de pesquisa na internet, criação de mapas conceituais e até mesmo RAV's, mas o que ganhou destaque é o jogo virtual “SPRACE GAME”¹⁶, que tem o objetivo de atualizar os educandos do EM a respeito da *Física de Partículas*, porém foi também disponibilizado para os alunos como ferramenta para o aprendizado desses conceitos.

Martins et al (2017) traz uma proposta de uma UEPS com o jogo “*Slower Speed of Light*”¹⁷, no trabalho de nome, “APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA DESENVOLVIDA PARA ENSINAR

¹⁶ Disponível em: < <https://www.sprace.org.br/sprace-game>>, acesso em 29 mai. 2018.

¹⁷ Disponível em: < <http://gamelab.mit.edu/games/a-slower-speed-of-light/>>, acesso em 29 mai. 2018.

RELATIVIDADE ESPECIAL NO ENSINO MÉDIO”, com o objetivo de despertar o interesse dos alunos pelas aulas de Física, de modo a aumentar o entusiasmo na realização das atividades, sobretudo em proporcionar aprendizagens significativas conceituais, procedimentais e de aplicação. São apresentadas as possibilidades do uso do jogo, porém ao longo da UEPS não é descrito de que forma foi utilizado, o que poderia gerar discussões para outros artigos.

4.2.5. Internet

A internet nos possibilita acesso a uma infinidade de informações e com grande facilidade, isso revolucionou a educação e a forma com que se dá o processo ensino-aprendizagem (Souza, J. P. 2015). A possibilidade de ambientes virtuais favorece a construção colaborativa, o trabalho conjunto entre professores e alunos, próximos física ou virtualmente (Moran, J. M. 2004).

Temos três trabalhos que utilizam da *Internet* como forma de TDIC, nenhum possui um conteúdo em específico, são blogs, ou páginas que trabalham com FMC em geral.

- Minicongresso com temas de física moderna (FILGUEIRA; SOARES, 2011).
- A utilização de um Blog para o Ensino-Aprendizagem de Física: Possibilidades para Fortalecer a Interação e Potencializar a Alfabetização Científica e Técnica (LEONEL, 2013)
- Site física moderna contemporânea nas escolas – Da pesquisa à formação inicial de professores (GOMES; SALES; CRUZ, 2017).

No trabalho de nome, “MINICONGRESSO COM TEMAS DE FÍSICA MODERNA” de Filgueira e Soares (2011), o uso da *Internet* como fonte de pesquisa tornou possível a criação de um minicongresso de *Física Moderna*, onde os alunos criaram seus próprios pôsteres, com base em pesquisa utilizando o laboratório de informática e então enviavam seu texto para a universidade, onde professores universitários faziam a conferência e davam um retorno sobre as alterações, uma atividade lúdica que trouxe muitas discussões científicas.

No artigo de Leonel (2013), de nome, “A UTILIZAÇÃO DE UM BLOG PARA O ENSINO-APRENDIZAGEM DE FÍSICA: POSSIBILIDADES PARA FORTALECER A

INTERAÇÃO E POTENCIALIZAR A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TÉCNICA”, o autor cria um blog chamado “Física em Casa e na Escola”¹⁸, para uso em sala, fortalecendo o vínculo com o aluno, permitindo ao aluno enviar perguntas e comentários a respeito do que é publicado na página. Segundo o autor, a utilização do blog permitiu a introdução de tópicos de FMC, como afirma a seguir:

...permitiram a inclusão de temas da Física Moderna e Contemporânea (FMC) e do cotidiano que geralmente não são introduzidos nos currículos desta disciplina, como: Nanociência e Nanotecnologia, Física Nuclear, Energia Escura e outros. (Leonel, A. A. 2013, p. 4).

Muitas aulas eram dadas no laboratório de informática para realizar atividades cujas indicações haviam sido postadas previamente no blog, como por exemplo o “Jogo de Papeis – Nanociência e Nanotecnologia”, onde os alunos eram separados em quatro grupos: equipe médica, empresa farmacêutica, agência de vigilância sanitária e representantes da sociedade, o objetivo da atividade é “criação” de um medicamento para um tratamento de alguma enfermidade ou algum cosmético que fizesse uso da nanociência e nanotecnologia.

O blog foi crescendo e atingindo até mesmo alunos de outras escolas, que enviavam perguntas e acessavam as discussões feitas nas aulas. Foi percebido melhor envolvimento de determinados alunos durante as aulas e alunos que não tinham o hábito de fazer perguntas em sala, faziam no blog, o aumento de interesse pela matéria e a participação de professores de outras disciplinas ficou eminente, tornando algumas atividades mais interdisciplinares. (Leonel, 2013, p.6).

Com isso vimos algumas das possibilidades que as TDIC nos trazem para o ensino, no caso da pesquisa, ensino de FMC, assim podemos analisar graficamente, como mostra a figura 3, a quantidade de trabalhos por cada tema de FMC, obtendo desse modo um panorama dos conteúdos mais abordados e os menos comentados.

¹⁸ Disponível em <<http://fisicaemcasaenaescola.blogspot.com>>, acesso 04 jun. 2018

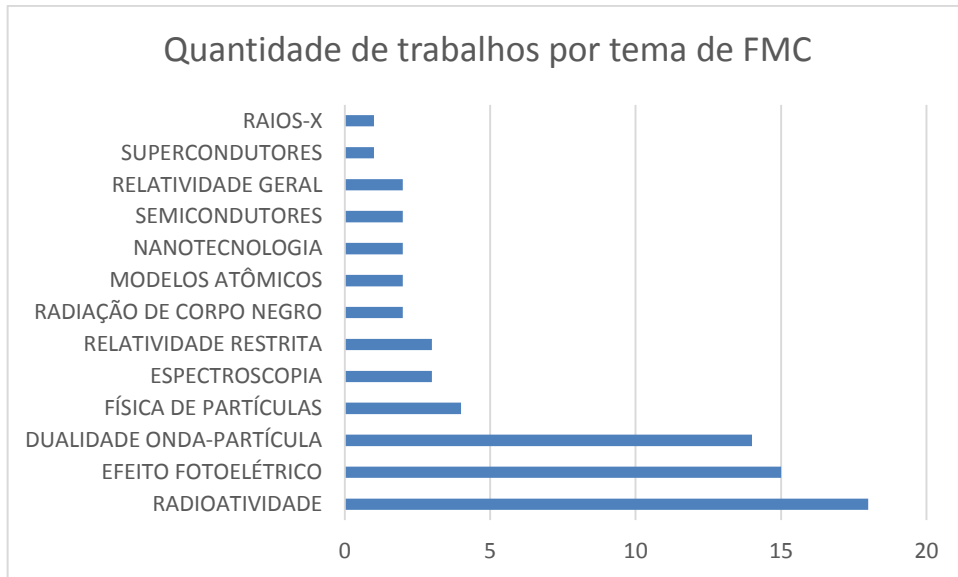


Figura 3. Gráfico da quantidade de trabalhos por tema de FMC. Fonte: Autor

Fazendo uma análise do gráfico da figura 3, percebemos que os conteúdos *Dualidade onda-partícula*, *Efeito fotoelétrico* e *Radioatividade* são os que possuem a maior quantidade de trabalhos, porém ainda vê-se a necessidade de mais publicações nessa temática nas outras áreas da FMC. A pergunta que cabe é: O que esses três conteúdos têm de especial para ganharem esse destaque? Será que o fato do *Efeito Fotoelétrico* ser matematicamente mais simples é um bom tema introdutório de FMC? Ou a *Radioatividade* uma temática muito interessante em discussões de CTS? Cabe talvez a uma próxima pesquisa tentar justificar essas quantidades.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos 247 artigos de FMC, encontrou-se 67 trabalhos que abordam de alguma maneira com TDIC, sendo 45 desses no SNEF, no ENPEC foram encontrados 7 trabalhos, no EPEF e CBEF 6 trabalhos cada um e na RBEF apenas 3 trabalhos.

Dentre os trabalhos, percebeu-se uma grande maioria sobre *Simulações*, que podem ser alternativas muito interessantes para o ensino de FMC, pois muitos experimentos são impossíveis de realizar em sala de aula, assim, desde que de maneira consciente, usar simuladores pode trazer o aluno mais próximo do conteúdo. Um discurso comum entre os autores é o aumento da interação para uma

aprendizagem significativa, usar simuladores é uma excelente alternativa, e sites como Phet Colorado¹⁹, tornam essa experiência muito mais prática e fácil para os educadores.

O uso de *Multimídia* também tem seu destaque, é a segunda forma mais comum encontrada nos trabalhos, na atualidade encontrar vídeos, hipermídias e até mesmo hipertextos tornou-se muito mais prático, portanto o uso dessas metodologias ficou muito mais comum. Porém vale destacar que a maioria utilizava apenas como fator motivacional, portanto pode-se expandir as pesquisas nas formas de uso das *multimídias*, principalmente os RAV's, que foram apresentadas outras 7 formas de uso pedagógico, além de fator motivador.

Através da análise dos trabalhos, nota-se que existem muitas possibilidades de usar TDIC no ensino de FMC, várias UEPS's e propostas diferenciadas, porém muitas não apresentam resultados, pelo fato de não terem sido aplicadas. Assim, percebe-se uma necessidade de se fazer uma análise da efetividade de tais propostas, para futuramente serem realizadas alterações e melhorias. Uma possibilidade que esta pesquisa proporciona é de ser utilizada na formação de professores, nas disciplinas como Práticas de Ensino de Física Moderna ou até mesmo em Metodologia do Ensino de Física para quem sabe, os novos educadores tenham interesse e prossigam com as pesquisas e aplicações.

Com relação aos conteúdos, ganham destaque *Efeito Fotoelétrico*, *Dualidade onda-partícula* e *Radioatividade* como os mais trabalhados e discutidos, já conteúdos como: Raios X e Supercondutores apresentam baixas publicações.

Com isso, sugere-se trabalhos que apresentem resultados de aplicações, explorar mais as outras formas de usar TDIC, no caso uso de *Realidade Virtual*, *Aquisição de dados* e *Internet*. Além disso, explorar novos conteúdos de FMC além dos comuns como: *Efeito Fotoelétrico*, *Dualidade onda-partícula* e *Radioatividade*. E também espera-se que esse trabalho traga possibilidades de discussões em cursos de licenciatura em Física e sirva como base de pesquisa para os que, assim como eu, buscam aprender mais e conhecer diferentes formas de transpor a FMC ao EM.

¹⁹ Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/>. Acesso em 06 jun. 2018

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, I. A., Parizotto, G. M., Genovesi, L. G. R. (2015). Enfoque CTS para inserção de partículas elementares no ensino médio: Uma proposta de pesquisa a partir do LHC. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Alves, V. M., Henriques, E. F., Moreira, B. D. S., Bottini, G. O., Luduvico, L. P., Canielas, M. S., Bertim, M. V., Knuth, A. D. (2009). Conhecendo a física quântica: a dualidade onda-partícula (a reprodução de uma experiência de ensino como elemento formativo na licenciatura. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Vitória, ES.

Aranha, B. N. C., Schmiedecke, W. C. (2013). Uma sequência didática sobre a física moderna e contemporânea, proposta no contexto do PIBID, tendo a história da ciência como tema estruturador. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Paulo, SP.

Barbosa Jr., U., & Pacca, J. L. A. (2007). A mecânica quântica no ensino médio: como ser construtivista. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Luis, Maranhão

Barrelo Jr. N., Paiva, J. R., de Carvalho, A. M. P. (2015). O processo de argumentação no discurso de alunos do ensino médio em uma sequência de didática de física moderna. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Barrelo Jr., & de Carvalho, A. M. P. (2011). O USO DO INTERFERÔMETRO DE MACH-ZEHNDER PARA PROMOVER ARGUMENTAÇÃO NO DISCURSO DE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - 2011 – Campinas, SP

Barrelo Jr., N., & de Carvalho, A. M. P (2010). Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna. In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Águas de Lindóia - 2010.

Barros, M. A., & Bastos, H. F. B. N. (2007). Investigando o uso do Ciclo da Experiência Kellyana na compreensão do conceito de difração de elétrons. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 24(1), 26-49.

Batista, C. A. S., Siqueira, M. (2015). Um olhar da transposição didática para uma sequência de ensino sobre radioatividade baseada na estrutura da TLS. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Benaquio, W. C., Camiletti, G. G. (2017). A percepção dos alunos do ensino médio sobre o uso de um material instrucional para o estudo do efeito fotoelétrico. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Cabral, J. C., da Silva, A. A. P., Maciel, A. M. M. (2017). Efeito fotoelétrico: Uma abordagem a partir de circuitos elétricos. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Candido, S., Londero, L. Battazza, H., Vilela, E., Pereira, J. (2013). O ensino do efeito fotoelétrico para alunos do ensino médio por meio de suas aplicabilidades cotidianas. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Paulo, SP.

Capossoli, E. F., de Santana, D. B. V. S., da Silva, M. C. R., Fernandes, M. E. L., Cardoso, P. L. N. S., de Azevedo, P. S. (2015). O Grupo de Física Moderna e Contemporânea do Colégio Pedro II: uma proposta de apresentação da Física Moderna e Contemporânea aos alunos do ensino médio do Campus São Cristóvão III. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Cavalcante, M. A., Rodrigues, T. T. T., & Bueno, D. A. (2013). Controle Remoto: princípio de funcionamento (parte 1 de 2). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(3), 554-565.

Cavalcante, M. A., Rodrigues, T. T. T., & Bueno, D. A. (2014). Controle Remoto: observando códigos com o Arduino (parte 2 de 2). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(3), 614-641.

Coelho, G. R., & Borges, O. (2010). O entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 27(1), 63-87.

Correia, A., Carvalho, W. (2009). A utilização de e-labs na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Vitória, ES.

Costa, A. L., Silva, I. M. N., Seabra, M. E. F., Leão, Z. L., Brito, L. C. T., Libardi, H. (2013). Relógios e efeitos relativísticos: o tempo na história, na sociedade e na física. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Paulo, SP.

da Motta, L. J., Cardoso, G. V., Macedo, C. C. (2013). Produção de energia elétrica através de usinas termonucleares e hidrelétricas: Relato de uma atividade envolvendo aulas contextualizadas de física. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Paulo, SP.

da Silva, N. C. (2013). Laboratório virtual de física moderna: Simulações para seis arranjos experimentais. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Paulo, SP.

de Campos, C. A., & da Veiga, J. S. (2009). A APRESENTAÇÃO DE TÓPICOS DE MECÂNICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO: UM CONSIDERÁVEL ENTRAVE. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - Florianópolis, SC - 2009

de Moraes, G. C. (2017). A música do hidrogênio: Relato de uma experiência musical e sua aplicação em sala de aula. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

de Oliveira Cardoso, S. O., & Dickman, A. G. (2012). Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29, 891-934.

de Oliveira Rangel, F., dos Santos, L. S. F., & Ribeiro, C. E. (2012). Ensino de Física mediado por tecnologias digitais de informação e comunicação e a literacia científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 29, 651-677.

de Oliveira, F. F., Vianna, D. M., & Gerbassi, R. S. (2007). Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(3), 447-454.

Escalera, J. P. A., Parente, N. R., Sophia, I. D., de Almeida, F. C. P., Fagundes, M. B. (2011). Uma proposta pluralista para a inserção de física quântica no ensino médio. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física - Manaus, AM.

Fernandes, R. D. F. A. M., Pires, F. F., de Mello Forato, T. C., & da Silva, J. A. (2017). Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(2), 509-529.

Filgueira, S. S., Soares, M. H. F. B. (2009). O lúdico no ensino de física: elaboração e desenvolvimento de um minicongresso com temas de física moderna. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Vitória, ES.

Filgueira, S. S., Soares, M. H. F. B. (2011). Minicongresso com temas de física moderna. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física - Manaus, AM.

Fiolhais, C., & Trindade, J. (2003). Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(3), 259-272.

Freitas, F. C., de Siqueira, A. B., de Oliveira, A. J. A. (2013). Elaboração de roteiros para vídeos usados como estratégia para introduzir conceitos de Física Aplicada no Ensino médio: Semicondutores. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Paulo, SP.

Gomes, G. S., Sales, N. L., Cruz, E. (2017). Site física moderna contemporânea nas escolas – Da pesquisa à formação inicial de professores. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Groch, T. M., Bezerra Jr., A. G., Higa, I. (2015). Relatividade restrita no ensino médio: Uma experiência didática. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Hohenfeld, D. P., Penido, M. C. M., Lapa, J. M. (2012). A construção de significados sobre a natureza da luz: Um estudo utilizando o IMZ. In: XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Maresias – 2012

Jerzewski, V. B., Mackedanz, L. F. (2015). Partículas elementares e interações: Uma proposta de estudo para o ensino médio politécnico. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Jesus, G.S, Jardim, M.I.A. (2017). Física de Partículas Elementares e a Utilização de Jogos no Ensino Médio. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC - Florianópolis, SC

Laburú, C. E., Simoes, A. M., & Urbano, A. (1998). Mexendo com polaróides e mostradores de cristais líquidos (O ensino da Física contemporânea, tendo como pano de fundo a física do cotidiano). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 15(2), 192-205.

Leal, George Calderaro. "Revisão de literatura sobre o uso de vídeos no ensino de Física." (2017).

Leonel, A. A. (2013). A utilização de um Blog para o Ensino-Aprendizagem de Física: Possibilidades para Fortalecer a Interação e Potencializar a Alfabetização Científica e Técnica. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Paulo, SP.

Lima, G. P. F., Cunha, M. S., Pinheiro A. G. (2016). Uso da linguagem de programação SCRATCH como recurso auxiliar para o ensino de física quântica. In: XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Natal – 2016

Londero, L., Teófilo, M. A. M. (2014). A física de partículas na prática didático-pedagógica dos participantes da escola de física CERN. In: XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Maresias – 2014

Lopes, E. S., Saca, L., Sasseron, L. H. (2017). A física moderna em sala de aula: uma sequência de ensino investigativo sobre a dualidade onda-partícula do elétron. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Lüdke, M., & André, M. E. (1986). Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.

Luz, T. M. (2015). Modelos atômicos e as novas tecnologias da informação e comunicação: uma proposta de ensino de física. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Machado, D. I., Nardi, R. (2007). Uma proposta para o ensino do princípio da equivalência com a utilização da hipermídia. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Luis, Maranhão

Mafra, D. T. P., Karnopp, J., Bellucco, A., & Calegari, M. H. (2017). Interações discursivas em aulas de Física Moderna e Contemporânea. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC - Florianópolis, SC

Mantovani, S. R. (2017). Sequência didática como instrumento para a aprendizagem significativa do efeito fotoelétrico – XI ENPEC - Florianópolis, SC

Marteli, L. G., Bozelli, F. C. (2017). Ensino da teoria da relatividade no ensino médio por meio de tecnologias da informação e comunicação (TICS): Desenvolvimento de um software e análise dos sentidos produzidos pelos alunos. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Martins, C. O., Parisoto, M. F., Heimfarth, T., Biscaino, A. Chielle, G. T., Silva, G. S. (2017). Aplicação e avaliação de uma unidade de ensino potencialmente significativa desenvolvida para ensinar relatividade especial no ensino médio. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Martins, M. R., Palma, G., Boldo, J. L. (2015). A física moderna contemporânea no ensino médio: Desafios e possibilidades. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Matos, A. N., Santana, H. C. V., Barbosa, T. N. (2017). Análise e desenvolvimento de simuladores na física das radiações. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Medeiros, A., & Medeiros, C. D. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 77-86.

Moraes, L. E., de Oliveira, F. G., Soares, A. A. (2015). O ensino da radioatividade e física nuclear com o uso de simuladores. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Morais, A., & Guerra, A. (2013). História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(1), 01-09.

Moran, J. M. (2004). Os novos espaços de atuação do professor com as tecnologias. *Revista diálogo educacional*, 4(12).

Neto, J. T. C., Stefani, J. L., Apolinário, F. R., Soares, A. A., Mendes, L. (2017). Trabalhando de forma prática o experimento de detecção de ondas gravitacionais do observatório LIGO. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Neves, J. A., da Silva, L., Charret, I. C. (2017). Dualidade partícula - Onda e difração de elétrons: Uma possibilidade para a inserção de conceitos de física moderna e contemporânea no segundo ano do ensino médio. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Neves, J. A., de Carvalho, S. A., Charret, I. C. (2017). Ensinando a lei de Wien no ensino médio. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Ostermann, F., & dos SF Ricci, T. (2005). 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*, 22(1), 9-35.

Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa " Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". *Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 5, n. 1 (jan./abr. 2000), p. 23-48.*

Paula, H. F., Alves, E. G. (2007). Uma sequência de ensino sobre dispositivos condutores e semicondutores de nosso dia a dia. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Luis, Maranhão

Pena, F. L. A. (2006). Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e idéias de física moderna e contemporânea na sala de aula?. *Revista brasileira de Ensino de Física*, 28(1), 1-2.

Pereira, A. P., Ostermann, F. (2009). Introduzindo conceitos de física quântica no ensino médio a partir de um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Vitória, ES.

Pessanha, M., Pietrocola, M., Couso, D. (2013). Obstáculos epistemológicos no estudo de modelos atômicos com o uso de simulações computacionais. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Paulo, SP.

Pires, S. M., da Silva, L., Bemfeito, A. P. D. (2017). Energia nuclear no ensino médio com ênfase CTS. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Pontes, R. G., Aguiar, C. E. (2017). Simulação computacional do interferômetro de Mach-Zehnder. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Resquetti, S. O., Fusinato, P. A., Mura, J. (2015). Radioatividade no nível médio: Proposta de uma sequência didática com enfoque na História e Filosofia da Ciência e no movimento CTS. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Rosa, P. R. D. S. (2000). O uso dos recursos audiovisuais e o ensino de ciências.

Sales, G. L., Vasconcelos, F. H. L., de Castro Filho, J. A., & Pequeno, M. C. (2008). 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*, 30(3), 3501-3501.

Santana, F. B., & dos Santos, P. J. S. (2017). Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(2), 555-589.

Santo, S. C. E., Pires, M. O. C. (2017). Proposta de uma UEPS para o ensino de semicondutores e o funcionamento do LED. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Santos, D. M., Londero, L. (2015). Uma discussão sobre nanociência e nanotecnologia em aulas de física da educação básica. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Santos, J. A. S., Moreira, G. S., Siqueira Jr., J. R., Sales, N. L. L. (2017). Ensino de nanociência: Levantando desafios e buscando possibilidades. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Santos, J., Souza Jr., J., Siqueira, M. (2012). Física moderna e contemporânea no ensino médio: Uma proposta de ensino sobre espectroscopia. In: XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Maresias – 2012

Savi, R., & Ulbricht, V. R. (2008). Jogos digitais educacionais: benefícios e desafios. *RENOTE*, 6(1).

SILVA, E. G. M. & MORAES, D. A. F. O uso pedagógico das TDIC no processo de ensino e aprendizagem: caminhos, limites e possibilidades.. In: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE, 2014. Curitiba: SEED/PR., 2016. V.1. (Cadernos PDE). Disponível em:<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2014/2014_uel_ped_artigo_edina_guardevi_marques_silva.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2017. ISBN 978-85-8015-080-3

Silva, G. C., & de Sousa, P. M. (2013). O uso da realidade virtual para o ensino de física quântica Use of virtual reality in learning of quantum physics. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação* (Vol. 2, No. 1).

Silva, G. S., Canato Jr., O. (2017). Redes conceituais tecidas pela física quântica: O caso da evolução da atmosfera terrestre como condicionante para o desenvolvimento da vida. In: XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Carlos, SP.

Silveira, S. (2016). *Desenvolvimento de um Kit Experimental com Arduino para o Ensino de Física Moderna no Ensino Médio*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4), e4502

Soares, A. A., Moraes, L. E., & Oliveira, F. G. (2015). Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 915-933.

Souza, A. J., Araújo, M. S. T. (2009). A elaboração de um pôster como material didático para abordar conceitos de produção de raios x e radioproteção em aulas de física. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Vitória, ES.

Souza, J. P. (2015, October). A INFLUÊNCIA DAS NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINO-APRENDIZAGEM DA LÍNGUA INGLESA NA EDUCAÇÃO BÁSICA. In *Anais do Congresso de Inovação Pedagógica em Arapiraca* (Vol. 1, No. 1).

Spoehr, C. B., Ostermann, F., Pereur, P., Cavalcanti, C. J. H. (2009). O tema da supercondutividade no ensino médio: uma experiência didática centrada no uso de material hiperfóton. In: XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Vitória, ES.

Telichevesky, L., Cavalcanti, C. J. H., Ostermann, F. (2014). Física quântica no ensino médio: Análise Bakhtiniana de uma aula sobre a dualidade onda-partícula. In: XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Maresias – 2014

Terrazzan, E. A. (1992). A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 9(3), 209-214.

Tironi, C. R., Schmit, E., Schuhmacher, V. R. N., & Schuhmacher, E. (2013). A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. In: *IX Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, Água de Lindóia*.

Valentim, M., Zago, L., Mascarenhas, Y. P., Barros, M. A. (2015). A metodologia da instrução pelos colegas na formação de professores de física: uma análise das estratégias enunciativas em um minicurso de tópicos de mecânica quântica. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Vasconcelos, F. H. L., Sales, L. G., Melo, B. R. S., Silva V. M. L., Castro Filho, J. A., Pequeno, M. C. (2007). Uma análise do uso de objeto de aprendizagem como ferramenta de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física quântica. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Luis, Maranhão

Vieira, R. P. T. (2015). Apresentando a teoria quântica no ensino médio através do efeito fotoelétrico. In: XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física - Uberlândia, MG.

Vitor, A. D. M., & Corrêa Filho, J. A. (2007). Para o ensino de radiação de corpo negro no nível médio. In: XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Luis, Maranhão

Zappe, J. A., Rodrigues, C. M., Sauerwein, I. P. S. (2013). O átomo de Bohr: aproximando física e química. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física - São Paulo, SP.