

A Produção de Vídeos Articulada entre Professores e Licenciandos como Proposta para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea

Marcus Vinicius Peres ^{a,b}
Sam Adam Hofmann Conceição ^a
Talita Vicente dos Santos ^{b,c}
Jorge Alberto Lenz ^d
Nestor Saavedra ^{a,d}
Arandi Ginane Bezerra Jr ^{a,d}

^a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Formação Científica e Tecnológica, Curitiba, PR, Brasil

^b Colégio Marista Santa Maria, Curitiba, PR, Brasil

^c Colégio Sesi, Curitiba, PR, Brasil

^d Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Física, Curitiba, PR, Brasil

Recebido para publicação em 5 ago. 2020. Aceito, após revisão em 7 out. 2020

Editor designado: Renato P. dos Santos

Contexto: O Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) figura nos PCN+ e na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio. Sua aplicação encontra obstáculos cognitivos pelos estudantes, somada à pouca literatura didática ou em pesquisa em Ensino, bem como experimentos didáticos. **Objetivos:** O presente trabalho apresenta um projeto de desenvolvimento de vídeos didáticos para o ensino de FMC. Trata-se de uma articulação entre graduação e pós-graduação, na concepção e uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) em FMC por professores. **Design:** Concepção tem como base a Triade de Gowin, onde materiais didáticos são um dos vértices do compartilhamento de significados envolvendo professores e estudantes e são concebidos com ênfase no rigor científico e buscam despertar interesse no público alvo. Os materiais são licenciados enquanto Recursos Educacionais Abertos e podem ser utilizados individualmente, mas, em conjunto, constituem um todo orgânico em diversos temas da FMC. **Ambiente e participantes:** Mestrandos de um mestrado profissional em Ensino e os Licenciandos em Física, professores em formação inicial e continuada, de uma Universidade Pública. **Coleta e análise de dados:** Para avaliar o impacto foi realizada uma análise do número de acessos e às colocações (*ranking*), com ferramentas de busca na internet bem como aplicação em sala de aula. **Resultados:** o número de acessos na *web* e as percepções em sala de aula apontam para o compartilhamento de significados previstos por Gowin. **Conclusões:** Resultados colocam essa pesquisa como uma possibilidade concreta em conjugar formação científica, pesquisa em ensino e compromisso com a escola.

Palavras-chave: ensino de física moderna e contemporânea, Triade de Gowin, recursos educacionais abertos, tecnologias de informação e comunicação.

Autor correspondente: Arandi Ginane Bezerra Jr. Email: arandi@utfpr.edu.br

Articulated Video Production Between Teachers and Training Teachers as a Proposal for the Teaching of Modern and Contemporary Physics

ABSTRACT

Background: The Teaching of Modern and Contemporary Physics (MCP) appears in the PCN + and in the National Common Curricular Base (BNCC) for High School. Its application encounters cognitive obstacles by students, added to the little didactic literature or research in teaching, as well as didactic experiments. **Objectives:** This work presents a project to develop didactic videos for teaching MCP. It is an articulation between undergraduate and graduate courses, in the conception and use of Information and Communication Technologies (ICT) in MCP by teachers. **Design:** Conception is based on Gowin's Triad, where teaching materials are one of the vertices of the sharing of meanings involving teachers and students, as well as they are designed with an emphasis on scientific rigor and, at the same time, seek to arouse the interest of the target audience. The materials are licensed as Open Educational Resources and can be used individually, but together they constitute an organic whole in several MCP themes. **Setting and Participants:** Master's students in Science Teaching and initial and continuing training Physics teachers, from a Public University. **Data collection and analysis:** To assess the impact, an analysis was made of the number of accesses and placements (ranking), using Internet search tools as well as application in the classroom. **Results:** the number of accesses on the web and perceptions in the classroom point to the sharing of meanings predicted by Gowin. **Conclusions:** Results place this research as a concrete possibility to combine scientific training, research in teaching and commitment to the school.

Keywords: modern and contemporary physics teaching; Gowin's Triad; information and communication technologies; open educational resources.

INTRODUÇÃO

O primeiro quarto do século XXI ficará marcado, futuramente, por ser o período em que o estatuto da pós-modernidade, surgido no período pós-guerra, ao propor a visão da natureza estruturada pela linguagem, em detrimento do pensamento racional na ciência e na filosofia como meio de descrição da realidade, assim como o Iluminismo (Dusek, 2009), serve de subsídio para o estabelecimento de uma série de pós-verdades (Lima *et al*, 2019), como o negacionismo científico, o terraplanismo, aversão a campanhas de vacinação e, no tocante a Física Moderna e Contemporânea (FMC), a uma série de charlatanismos, tais como “coach quântico”; “consciência quântica”, dentre outros. Conforme proposto por Lima e colabores (2009) é necessário repensar vários aspectos do “ensinar ciências” frente a proliferação de pós-verdades, o que passa por revisão de currículos, de formação de professores e também os meios de mediação tecnológica, para que seja possível estabelecer uma relação dialógica com os alunos, a fim do saber a ser mediado faça sentido para os mesmos (Moreira, 2011).

Esse panorama coloca a necessidade de ensinar Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio ou nas disciplinas introdutórias do Ensino Superior como desafiadora, constituindo um tema central na pesquisa em Ensino de Física da atualidade (Valadares & e Moreira, 1998; Pinto & Zanetic, 1999; Cavalcante, Jardim & Barros, 1999; Osterman & Moreira, 2000; Ostermann & Cavalcanti, 2001; Machado & Nardi,

2003; Rezende Jr & Souza Crus, 2003; Machado & Nardi, 2006; Singh, 2008; Pereira & Ostermann, 2009; Ayene, Kriek & Damtie, 2011; Domingui, 2012; Morais & Guerra, 2013; Dangur *et al*, 2014; Bezerra-Jr *et al.*, 2015; Silveira & Girardi, 2017; Hansson, Leden & Pendrill, 2019). Ao mesmo tempo em que esta componente curricular implica na compreensão de fenômenos e efeitos que fogem das percepções e interpretações elaboradas pela física clássica – esta mais sensorial e afeita a representações macroscópicas – também existe a necessidade de construções matemáticas mais avançadas, principalmente quando considerada a formação de estudantes no ensino médio. Neste contexto, há dificuldades e sutilezas específicas, para além daquelas já tradicionais à Física Clássica, no que tange a sua transposição didática (Brockington & Pietrocola, 2005; Coimbra, 2016).

A Física Quântica é, fundamentalmente, uma representação do mundo microscópico e seu desenvolvimento é, muitas vezes, contraintuitivo. Sua transposição para as percepções dos sujeitos, que, no seu conjunto, compõem as realidades dos estudantes está baseada em experimentos elaborados que, do ponto de vista didático, apresentam dificuldades relacionadas ao custo dos equipamentos e à dinâmica necessária para as aulas de laboratório, em geral, diversa daquela tradicional em voga no ensino de Física Clássica. Por exemplo, alguns experimentos significativos associados à Física Quântica demandam o uso de fontes de alta tensão, tubos de descarga com controle de vácuo, aparatos de medida com eletrônica mais sofisticada, lasers e fontes radioativas que apresentam riscos à segurança e à saúde dos envolvidos; além disso, a complexidade dos experimentos também se traduz em um tempo didático mais extenso para as aulas.

Ao mesmo tempo, os estudantes encontram-se imersos em uma realidade na qual os artefatos cotidianos são completamente influenciados pela Física Quântica (lasers, computadores, *smartphones*, *tablets* e dispositivos reprodutores de vídeo e música, dentre outros). Este aspecto pode ser considerado sob o prisma da formação de cidadãos críticos e conscientes das opções tecnológicas produzidas e presentes na sociedade, constituindo mais um desafio para a elaboração de aulas por parte dos docentes, o que remete ao tema formação de professores (Auler & Delizoicov, 2006). Além disso, entendemos que o ensino da FMC, por estar próximo de temas atuais, assume contornos na tarefa também relevante de despertar vocações para a ciência (Vilches e Gil-Pérez, 2012).

A pesquisa recente em Ensino de Física indica haver pouca produção sobre os processos cognitivos em FMC (Pereira & Ostermann, 2009), mas destaca a existência de alternativas com caráter inovador (Araújo & Housume, 2013). Dentre estas, destacamos a instrumentação como forma de inserção da Física Moderna (Vicentini *et al* 2011), a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (Pereira *et al*, 2008), as análises da inclusão do tema em currículos escolares no Brasil e no exterior (Lobato & Greca, 2005), a produção de livros com propostas de transposição didática por experimentos (Chesman *et al*, 2004) ou via reflexões históricas e filosóficas (Freire Jr *et al*, 2010), bem como os diversos Objetos Educacionais disponíveis em repositórios públicos como o Banco Internacional de Objetos Educacionais (Brasil, 2008a), o Portal do Professor (Brasil, 2008b) e o Portal EduCapes (Brasil, 2020), onde estão depositados os Produtos Educacionais produzidos no âmbito dos Mestrados Profissionais da área de Ensino.

Neste contexto, destacamos o trabalho de Macêdo e colaboradores (2014), que indica a necessidade de mais estudos relacionando o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) com a FMC, dado que, apesar da abertura de perspectivas em sua utilização, esta tem sido uma área pouco explorada no Brasil. Passaremos, portanto, a discutir uma proposta de produção de vídeos didáticos sobre FMC para utilização no Ensino Médio. Sua elaboração acontece na interface entre a formação de professores – em um curso de Licenciatura em Física – e a formação continuada – em um mestrado profissional na área de Ensino.

FMC E O CURRÍCULO DO ENSINO MÉDIO

Ao propor articular professores em sua etapa inicial de formação (licenciandos) com professores em formação continuada (alunos de mestrado profissional em Ensino), pelas naturezas desses cursos, o espaço de atuação, a escola, tem uma posição preponderante. Posto isso, é importante situar o ensino de FMC dentro das diretrizes curriculares para o Ensino Médio, tendo em vista as recentes mudanças inseridas na Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio – BNCC (Brasil, 2017).

A primeira inserção explícita da FMC em documentos orientadores para o Ensino Médio (ou o antigo Segundo Grau, anterior à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira, de 1996) remonta ao início deste século, nos Parâmetros Curriculares Nacionais, os PCN+ (Brasil, 2002), que situam a FMC como um tema estruturador:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. [...]indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico. (PCN+, p. 67)

Este caráter estruturante da FMC permanece na vigente BNCC, que, entre os seus princípios básicos, dispõe sobre a necessidade de articular o conhecimento científico contemporâneo com as realidades dos alunos, tornando-os capazes de modelar, interagir, aplicar e transcender aqueles conhecimentos em suas aspirações e necessidades, sejam profissionais ou sociais. A FMC desponta com maior destaque no itinerário formativo “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”, conforme:

III – ciências da natureza e suas tecnologias: aprofundamento de conhecimentos estruturantes para aplicação de diferentes conceitos em contextos sociais e de trabalho, organizando arranjos curriculares que permitam estudos em astronomia, metrologia, **física geral, clássica, molecular, quântica** e mecânica, instrumentação,

ótica, acústica, química dos produtos naturais, análise de fenômenos físicos e químicos, meteorologia e climatologia, microbiologia, imunologia e parasitologia, ecologia, nutrição, zoologia, dentre outros, considerando o contexto local e as possibilidades de oferta pelos sistemas de ensino (Brasil, 2017. Grifos dos autores).

Na Tabela 1, elencamos algumas habilidades e competências desse itinerário formativo em que há espaço dialógico para inserções de FMC na escola.

Tabela 1

Relações da BNCC com a FMC (Brasil, 2017, p. 563).

Competência Específica	Habilidades Associadas
1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.	<p>(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.</p> <p>(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.</p>
2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.	<p>(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.</p> <p>(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.</p>
3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).	<p>(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.</p> <p>(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.</p>

Em relação aos PCN+, a BNCC avança no sentido de não propor, explicitamente, o ensino de FMC *per se*, mas com vistas as já citadas relações e aplicações. Tal organização curricular, flexível, como propõe essa base nacional comum, abre a perspectiva de, ao problematizar a realidade dos alunos, discutir, expor e construir com os mesmos o conhecimento físico a ser transposto necessário à interpretação e a ampliar horizontes das suas respectivas realidades, sem cair na dicotomia “clássico versus moderno”, tão presente em materiais didáticos e metodologias de ensino sobre o tema. Também é feita menção explícita às TDIC, com caráter incipiente na ocasião do PCN+ (2002), mas, de certa forma pervasivos no período atual.

Para completar o quadro de desafios referentes ao ensino de Física Moderna e Contemporânea no nível Médio, para além da preparação dos estudantes, é importante pensar a formação de professores de Física, tanto aqueles em formação nas Licenciaturas, quanto aqueles em atuação e que necessitam (re)visitar o tema. Estes assuntos têm sido intensamente abordados nos documentos de sociedades científicas, tais como como a Sociedade Brasileira de Física (SBF, 2005) e a American Association of Physics Teachers (Galvez & Singh, 2010).

A OPÇÃO PELAS TIC: OBJETOS EDUCACIONAIS E VÍDEOS DIDÁTICOS

A proposta deste trabalho visa à abordagem da FMC na produção de vídeos, envolvendo professores, seja em formação inicial ou continuada. A necessidade da abordagem, tanto da FMC, como mediação pelas TIC, para ambos públicos, objetiva a internalização de uma cultura de tornar o Ensino de FMC dialógico com a cultura da escola (professores e estudantes) bem com o tornar as TIC não a panaceia para a escola, mas, sendo objeto da formação do professor de maneira que estes as internalizem em seus planejamentos e práticas pedagógicas. Angotti (2015), coloca a inserção das TIC e da Ciência Contemporânea no atual contexto da Educação brasileira:

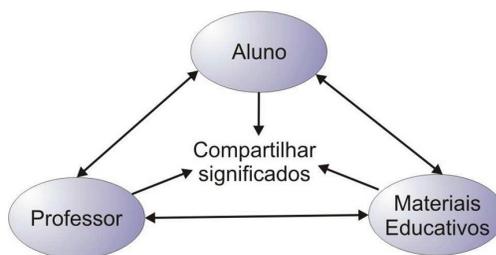
Dentre as resistências da tradição escolar, cabe destacar a cristalização de longas sequências singulares de ensino, pautadas muito mais pela repetição sistemática pouco refletida (por exemplo, a Cinemática e a Óptica Geométrica) do que pelas demandas contemporâneas mais comprometidas com a contextualização, a interdisciplinaridade e a transversalidade, sem suprimir as disciplinas e o uso fluente e crítico das TDIC. A presença da Ciência e da Tecnologia no mundo contemporâneo parece, por si só, justificar a necessidade de seu ensino, ainda que os conteúdos escolares não tratem do conhecimento atual como deveriam, com uso e fluência das TDIC como requisito não somente fundamental, mas imperativo (Angotti, 2015).

Posto isso, a sua produção também, na forma de materiais didáticos com a participação dos professores, de modo a quebrar o paradigma do “professor cliente”

(Saavedra Filho, 2016), termina por ser uma possibilidade onde, na elaboração dos seus materiais a serem usados como instrumentos de mediação, professores e estudantes compartilhem significados, negociação basilar do processo de ensino e aprendizagem. Essa perspectiva compõe a base do Modelo de Ensino de Gowin (Moreira, 2011), onde um processo de ensino-aprendizagem é composto por uma tríade Professor-Alunos-Materiais didáticos, compartilhando significados (Figura 1).

Figura 1

A tríade no Modelo de Ensino de Gowin (Moreira, 2011, p. 185)



Para Gowin (1981, *apud* Moreira, 2011), “O ensino se consoma quando o significado do material que o aluno capta é o significado que o professor pretende que esse material tenha para o aluno”. Na proposta do trabalho em tela, o aprendizado para os professores que tencionam a compartilhar significados de FMC com os seus respectivos alunos também engloba a elaboração de materiais didáticos no formato de Objetos Educacionais, que levam também, em si, os apontamentos propostos por Angotti (2015), de modo a termos estabelecida a tríade de Gowin na elaboração desses Objetos.

Objetos Educacionais (OE) são definidos como quaisquer entidades, digitais ou não, que podem ser usadas, reusadas e referenciadas no apoio tecnológico ao aprendizado. Dentre os OE estão os conteúdos hipermédia, conteúdos instrucionais, objetivos de aprendizagem, *softwares* instrucionais e ferramentas de *softwares*, além de eventos referenciados durante o apoio tecnológico ao aprendizado (LTSC & IEEE, 2007). De maneira ampla, qualquer conjunto de gráficos e imagens combinados com textos ou mais algum elemento (hipertexto/hipermídia) podem ser considerados objetos educacionais- (Gama, 2007; Tarouco *et. al.*, 2003). Também segundo Pessoa e Benitti (2008), os objetos educacionais são responsáveis por substituir métodos antigos, como as tele aulas, e são portadores de uma gama de vantagens tais como: distribuição mais rápida, acesso por um maior público e possibilidade de reutilização. De fato, as tecnologias de informação têm acelerado o desenvolvimento de OE possibilitando a utilização e divulgação de conteúdos didáticos disponibilizados na Internet em diferentes formatos (Gama, 2007). No mundo da convergência das mídias, todos os usuários são atingidos por comunicações em múltiplas plataformas (Schmidt, 2011), algo especialmente interessante para materiais de ensino.

A elaboração destes materiais didáticos no formato de Objetos Educacionais não pode ser feita de maneira voluntariosa ou aleatória, já que o compartilhamento de significados disposto por Gowin seria francamente prejudicado. Também é necessário levar em consideração aplicações em contextos diversos, de modo que um mesmo OE pode tomar parte de diferentes processos de ensino-aprendizagem em diferentes escolas e realidades. Para que isso não incorra, necessariamente na necessidade de que o professor seja um intrínseco autor (perspectiva um tanto irreal na educação básica brasileira, notadamente na rede pública), é necessário que os OE atendam a um rol de características básicas, as quais também devem ser levadas em consideração quando do seu planejamento e elaboração. Audino e Nascimento (2010), após extenso levantamento bibliográfico, elencam uma série de características dos OE, das quais destacamos a Autoconsistência (não depender de outro OE para fazer sentido); a Customização (a partir do fato de que os OE são independentes, um processo de ensino-aprendizagem pode utilizá-los de em diversas combinações diferentes, de modo que, no todo, se adequem ao respectivo contexto) e a Flexibilidade, onde cada OE contém início, meio e fim, o que, junto às duas características anteriormente citadas, faz com que a sua recombinação nos diferentes contextos seja possível.

Frequentemente, os conceitos de ciências exigem alto grau de abstração. Dessa maneira, os recursos computacionais e suas correspondentes possibilidades de interação auxiliam no processo de elaboração de teorias e, ainda, na aplicação dos conhecimentos adquiridos (Sá *et. al.*, 2010). Além disso, os OE potencializam a interação entre alunos e professores em torno da aprendizagem de um determinado conteúdo (Souza Jr e Lopes, 2007), que é um dos aspectos fundamentais no já citado Modelo de Ensino de Gowin.

Atualmente, a atividade de produção de vídeos é bastante popular, especialmente nos grupos de crianças e adolescentes, embora seja majoritariamente desenvolvida visando ao entretenimento. Existe aí um grande potencial pedagógico ainda a ser explorado (Vargas *et. al.*, 2007). Prova disto são as tecnologias de compartilhamento de vídeos, criadas originalmente com o propósito de entreter, mas que ganham popularidade nos meios acadêmicos (Snelson, 2008). Neste contexto, pode-se dizer que a linguagem audiovisual é, dentre todas as linguagens disponíveis para a web 2.0 e a blogosfera, de grande eficácia, no sentido de favorecer maior participação da sociedade e ampliar a repercussão dos acontecimentos (Porto-Renó *et. al.*, 2011). Por exemplo, na página do *Youtube EDU* é possível acessar conteúdos e canais das maiores universidades e centros de ensino e pesquisa, como Stanford, MIT, Caltech, dentre outras internacionais e nacionais.

Segundo Rosa (2000), filmes têm grande apelo emocional e podem ser motivadores no processo educacional. Em comparação com a educação tradicional, baseada majoritariamente em textos, este tipo de abordagem auxilia muitos alunos a aprenderem melhor por estarem submetidos a estímulos visuais e sonoros (Mattar, 2009). Isto justifica o aumento na procura por materiais didáticos em forma de vídeos e o surgimento de empresas especializadas na produção desse tipo de material – o que não garante, necessariamente, a qualidade dos objetos educacionais produzidos (Gomes, 2008).

No caso particular do Ensino de Física, há iniciativas interessantes com relação à produção de vídeos curta duração, baseados em temas estruturadores propostos nos PCN+ e nos itinerários da BNCC, com foco no ensino de mecânica e eletromagnetismo e realizados como atividade pelos próprios estudantes, enquanto estratégia alternativa para o laboratório de Física no nível Médio (Pereira & Barros, 2010; Pereira *et al.*, 2012). Segundo Pereira e colaboradores, uma das vantagens dessa estratégia, em comparação com o laboratório tradicional, é a responsabilidade assumida pelos estudantes, porque os vídeos serão assistidos “por outras pessoas”, requerendo mais pesquisa sobre os assuntos e compreensão dos principais conceitos, indo além da produção de relatórios convencionais e possibilitando aos estudantes explorar – no processo de elaboração dos vídeos – outros elementos da cultura, com imaginação e criatividade (Pereira *et al.*, 2012). Inclusive, o aumento da produção de vídeos em canais como o Youtube tem levado à busca de critérios de qualidade para embasar a escolha de materiais a serem utilizados por professores (Kulgemeyer & Peters, 2016).

PESQUISA DE ESTADO DA ARTE – VÍDEOS NO ENSINO DE FÍSICA

Inicialmente, buscamos na literatura artigos referentes ao Ensino de FMC mediado pelas TIC. Para isso, consultamos quatro revistas, tendo em vista o acesso livre e a relevância para a comunidade de Ensino de Física brasileira: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Revista Novas Tecnologias na Educação (RENTE) e Informática na Educação: teoria e prática. Sendo assim, dividimos nossa pesquisa em dois eixos: Ensino de Física Moderna e Contemporânea, e Produção/ Utilização de vídeos no Ensino de Física. Deste modo, atentamos para os títulos dos artigos e suas palavras-chave que deveriam conter os seguintes termos, representativos para esta pesquisa: videoanálise, produção de vídeos, física quântica, física moderna, relatividade restrita, relatividade especial, física de partículas, modern physics, modern physics in high school. Para analisarmos especificamente a aplicação da FMC no ensino, foram examinadas os últimos anos de cada periódico.

A partir dos eixos adotados, construímos as Tabelas 2, 3, 4 e 5, com o intuito de apresentar uma visão quantitativa geral sobre a presença, na literatura, dos temas de interesse.

Tabela 2

Número de artigos sobre FMC no CBEF (Autores, 2020)

CBEF	Trabalhos de interesse	Total de artigos
2017	9	48
2018	4	44
2019	8	39

Tabela 3*Número de artigos sobre FMC na RBEF (Autores, 2020)*

RBEF	Trabalhos de interesse	Total de artigos
2017	1	106
2018	0	126
2019	0	132

Tabela 4*Número de artigos sobre FMC na RENOTE (Autores, 2020)*

RENOTE	Trabalhos de interesse	Total de artigos
2017	0	108
2018	0	146
2019	0	135

Tabela 5*Número de artigos sobre FMC na Informática na Educação: teoria e prática (Autores, 2020)*

Informática na Educação: teoria e prática	Trabalhos de interesse	Total de artigos
2017	0	58
2018	0	31
2019	0	36

Além desse levantamento, também buscamos analisar a produção e utilização de vídeos no ensino de Física. Desta forma, construímos as tabelas 6, 7, 8 e 9.

Tabela 6*Número de artigos sobre utilização de vídeos no Ensino de Física no CBEF (Autores, 2020)*

CBEF	Trabalhos de interesse	Total de artigos
2017	5	48
2018	2	44
2019	1	39

Tabela 7*Número de artigos sobre utilização de vídeos no Ensino de Física na RBEF (Autores, 2020)*

RBEF	Trabalhos de interesse	Total de artigos
2017	0	106
2018	1	126
2019	1	132

Tabela 8

Número de artigos sobre utilização de vídeos no Ensino de Física na RENAME (Autores, 2020)

RENAME	Trabalhos de interesse	Total de artigos
2017	3	108
2018	4	146
2019	10	135

Tabela 9

Número de artigos sobre utilização de vídeos no Ensino de Física na Informática na Educação: teoria e prática (Autores, 2020)

Informática na Educação: teoria e prática	Trabalhos de interesse	Total de artigos
2017	1	58
2018	2	31
2019	2	36

Percebe-se que, apesar da importância do tema e do amplo destaque dado ao mesmo nos documentos oficiais, ainda assim, é pequena a quantidade de trabalhos sobre FMC no Brasil. Destacamos que, em relação ao total de trabalhos, mesmo as revistas da área não tem publicado um número expressivo de artigos. Em outra nota, embora diversos artigos abordem a FMC e alguns a utilização de vídeos, nenhum deles combina os dois eixos. Esta constatação também reforça a relevância do presente trabalho.

FORMAÇÃO DE PROFESSORES E ARTICULAÇÃO ENTRE GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

Considerando a carência apontada anteriormente, vislumbramos a necessidade da criação, no Brasil, de vídeos didáticos sobre FMC. Neste contexto, nossa proposta busca promover a interação de alunos do curso de licenciatura com aqueles do programa de pós-graduação, de forma a conjugar elementos referentes à formação inicial e continuada de professores, à luz da pesquisa em Ensino de Física. Essa iniciativa propicia, em ambiente altamente colaborativo, a integração dos trabalhos de ensino e pesquisa inspirados pelo compromisso de construir alternativas concretas para o Ensino de Física. Assim, a pesquisa, componente específico da pós-graduação, e o ensino, componente específico da graduação, “podem caminhar juntos e articulados com o fim de permitir a mútua criatividade” (Cury, 2004).

Existem, atualmente, diversas políticas públicas e iniciativas de grupos de interesse voltadas à valorização, à formação e ao aperfeiçoamento docente, na tentativa de responder a demandas da sociedade por maior qualidade na educação. Podemos citar programas

tais como o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), o qual apresenta entre seus objetivos:

Inserir os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem. (PIBID, 2014)

Dentre os problemas frequentemente apontados pela comunidade e que afetam diretamente o ensino de ciências, em particular o Ensino de Física, podemos citar dificuldades referentes à falta de laboratórios de ensino e das disciplinas experimentais (SBF, 2005) e dificuldades com respeito à formação docente para o uso consequente de tecnologias educacionais inovadoras e que possam efetivamente causar impacto em sala de aula (Macêdo *et al*, 2014). A este respeito, destacamos a crítica que aponta o hiato existente entre a transferência das pesquisas nas áreas de ensino de ciências e a sala de aula (Menezes, 2009). Em resposta a este distanciamento entre a academia (representada principalmente pelas universidades) e as escolas, uma iniciativa portadora de significado foi a criação de programas de mestrado profissional com foco em “produtos de natureza educacional, visando à melhoria do ensino” (Moreira & Nardi, 2009). Nesta linha, a Sociedade Brasileira de Física, propôs, na década passada, o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Destacamos também a importância e o estímulo à integração entre cursos de graduação, pós-graduação e escolas da educação básica, que fazem parte das crescentes iniciativas em que ocorre a articulação entre professores em formação (os licenciandos), professores-pesquisadores universitários e professores que atuam em sala de aula no nível básico. Isto remete a uma aproximação entre os diversos níveis de ensino num movimento que conjuga a pesquisa em ensino, a formação inicial e continuada de professores e a produção reflexiva que tem implicações mais diretas e sintonizadas com o dia-a-dia da sala de aula e da vida escolar. O projeto de produção de vídeos sobre FMC que temos desenvolvido também apresenta esta “fecundidade do trabalho coletivo” o qual, por sua vez, remete à “docência como desafio apaixonante”, em referência ao exposto por Vilches e Gil-Pérez (2012). Este caráter de interação da pesquisa realizada em um Programa de Pós-graduação (PPG) e cursos de graduação, no caso, a Licenciatura em Física, é um dos aspectos que constam das diretrizes aos PPGs no período de avaliação quadrienal vigente (2017-2020), como forma de fomentar o impacto e relevância dos PPGs da Área de Ensino (46 Capes) na sociedade:

(...) é tarefa dos Programas de Pós-graduação da área pensar e desenvolver ações que contribuam para reduzir a defasagem entre a pesquisa realizada na pós-graduação e o ensino realizado no contexto educacional, principalmente, da Educação Básica. Por isso, é esperado que ações e projetos desenvolvidos

nos programas de pós-graduação da área visem à transformação da prática dos professores, contando, para isso, com a constituição do professor como pesquisador, inclusive de sua própria prática. Desse modo, com formação adequada e consistente, espera-se que os egressos dos cursos também sejam agentes que contribuam para o impacto social importante em relação à qualidade do ensino nas instituições escolares, na sua diversidade (BRASIL, 2019).

A articulação graduação – pós-graduação que temos realizado acontece no âmbito do Curso de Licenciatura em Física de uma universidade pública que também possui um curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências. Os docentes do curso de licenciatura e os docentes do programa de mestrado procuram coordenar suas ações de modo a envolver estudantes de graduação e de pós-graduação em projetos conjuntos, voltados à discussão da educação em ciências e à construção de propostas de intervenção que estejam em sintonia com a realidade da sala de aula. Assim, é comum haver projetos que integram trabalhos de disciplinas de graduação e trabalhos de mestrado, inspirados por linhas de pesquisa desenvolvidas por professores-pesquisadores da instituição. No caso dos vídeos aqui apresentados, partiu-se da premissa da importância do ensino da FMC no ensino médio. Então, foi organizado um grupo de trabalho envolvendo diversos estudantes de graduação que cursam uma disciplina obrigatória referente a “Projetos de Ensino de Física Moderna”, e estudantes do programa de Mestrado Profissional, no qual há uma linha de pesquisa denominada “Mediações por TIC no Ensino de Ciências e Matemática” e disciplinas teóricas e experimentais sobre Física Moderna. Existe, nesta universidade, um laboratório didático dedicado ao ensino de FMC. Neste laboratório, é possível realizar diversos experimentos clássicos de Física Moderna. Trata-se de um laboratório com custo estimado de R\$2.000.000,00 e que foi constituído entre os anos de 2011 e 2014 com recursos próprios da universidade. Os estudantes têm acesso a todos os equipamentos e as aulas são organizadas em torno de atividades investigativas: cada estudante ou grupo de estudantes deve executar os experimentos (a fim de se familiarizar com os conceitos básicos), obter dados numéricos e analisá-los à luz da literatura – o que é comum fazer em disciplinas semelhantes, presentes nos currículos do ensino superior. Entendemos que a realização dos experimentos seja fundamental para que os licenciandos tenham contato com estes conteúdos avançados de Física, dada a sempre presente demanda para que sejam ensinados no nível médio. Contudo, chamamos sempre sua atenção para uma realidade: laboratórios deste nível não estão disponíveis em escolas básicas. Neste sentido, apontamos para a importância de os estudantes desenvolverem “soluções” para que os conteúdos aprendidos na disciplina possam ser abordados nas escolas com as quais os mesmos se relacionam (por conta de projetos de estágio curricular obrigatório e PIBID, por exemplo). Neste sentido, solicitamos aos estudantes que façam as articulações necessárias para que o ensino de Física Moderna (os experimentos que eles realizam na disciplina de graduação) aconteça na escola básica (tendo em vista a realidade escolar por eles estudada e vivenciada). A presença dos estudantes de pós-graduação incrementa o processo, porque coloca em cena a possibilidade do desenvolvimento de trabalhos de pesquisa mais robustos e longos (dado que há mais tempo disponível para a realização de uma dissertação de mestrado do que, por exemplo, para uma disciplina de laboratório semestral). Desta forma, desenvolvemos, a partir dessas

interseções entre nossa prática de sala de aula e nossos interesses de investigação científica, tendo em vista o quadro revelado por nossa pesquisa de estado da arte, uma linha de pesquisa inovadora, a saber, o desenvolvimento de vídeos contendo conteúdos de FMC para uso em sala de aula, principalmente no nível médio.

OS VÍDEOS PRODUZIDOS

Para a produção dos vídeos, seguimos o processo de produção sugerido por Kindem e Musburger (1997) que consiste, basicamente, em três etapas:

- Pré-produção: planejamento do material e elaboração de um roteiro.
- Produção: realização das gravações.
- Pós-produção: nessa etapa, todas as partes filmadas são organizadas de maneira que o produto final esteja coerente com o roteiro.

Além disso, a estrutura dos vídeos também se contempla três partes:

- 1ª Parte: apresentação do experimento que será abordado no vídeo e disponibilização da lista de materiais necessários para sua realização.
- 2ª Parte: demonstração dos procedimentos necessários para a realização da atividade.
- 3ª Parte: explicação didática sobre o fenômeno observado com a realização do experimento ou demonstração prática.

Nestas etapas de discussões para o planejamento, execução e aplicação dos vídeos, foram contemplados os aspectos dispostos na Triade de Gowin (Moreira, 2011), onde o compartilhamento de significados entre professores e alunos deveria também contemplar a elaboração do material didático, no caso, os vídeos, para que os mesmos sejam meios que proporcionem essas negociações de significados. Mas à frente, esta Triade se fará presente nos momentos em que os mesmos foram utilizados para a mediação dos temas com os alunos do Ensino Médio e Superior.

Todos os vídeos desenvolvidos nas disciplinas estão disponíveis no *Youtube*, no canal intitulado “Ciência Curiosa” (<https://www.youtube.com/user/Cienciacuriosa>), e no *sítio* www.cienciacuriosa.com.br. O canal e o sítio fazem parte do produto do mestrado profissional de um dos autores deste trabalho. A importância do desenvolvimento do Produto Educacional aqui pode ser ponderada, também, nos objetivos de um PPG, já que, de acordo com o a Coordenação da Área de Ensino Capes, no respectivo Documento de Área:

A área de Ensino entende como produto educacional o resultado de um processo criativo gerado a partir de uma atividade de pesquisa, com vistas a responder a uma pergunta ou a um problema ou, ainda, a uma necessidade concreta associadas ao campo de prática profissional, podendo ser um artefato real ou virtual, ou ainda,

um processo. Pode ser produzido de modo individual (discente ou docente) ou coletivo. A apresentação de descrição e de especificações técnicas contribui para que o produto ou processo possa ser compartilhável ou registrado (Brasil, 2019).

Dado que os vídeos estão disponíveis na Internet, professores e estudantes do curso de Física podem usar esses materiais como complemento dos estudos e também como material complementar às suas práticas docentes. Além disso, os materiais estão disponíveis para qualquer pessoa que tenha acesso à Internet, sendo caracterizados e licenciados enquanto Recursos Educacionais Abertos (REA) (Unesco, 2011), o que permite que a comunidade os reuse, remixe, revise e redistribua, estimulando, assim, sua apropriação e garantindo que os frutos da pesquisa cheguem, de fato, à escola.

Destacamos, ainda, que a produção independente de vídeos pelos próprios estudantes é uma possibilidade de inovação e um exercício de autonomia, à medida que representa uma proposta interessante e factível para a superação do ensino exclusivamente tradicional, no qual os alunos estão habituados a uma comunicação unidirecional (Pereira & Barros, 2010).

Tendo em vista o panorama exposto, foram produzidos diversos vídeos, incluindo variados assuntos relacionados às ciências, em geral, e à Física, em particular, sendo que onze deles dizem respeito à Física Moderna e Contemporânea, cujos títulos listamos abaixo:

- Experimento com lâmpadas espectrais;
- Experimento de Millikan;
- Experimento da difração de elétrons;
- Experimento de carga/massa do elétron;
- Experimento do efeito fotoelétrico;
- Determinação da constante de Plank com LEDs;
- Experimento de Franck-Hertz;
- Produção de nanopartículas;
- Experimento da dupla fenda com luz;
- Experimento com a cuba de ondas;
- Interferência de ondas sonoras;

Todos os vídeos encontram-se acessíveis em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PL313CF7A2A687D4AC>

Os três últimos experimentos listados, muito embora não sejam conteúdos específicos de FMC, têm sua inserção justificada por fazerem uma ponte entre a Física Clássica e o regime da Física Quântica, o que os torna importantes para a transposição didática da FMC ao ensino médio e séries iniciais do ensino superior.

Licenciamento dos vídeos

Para que os materiais produzidos sejam amplamente acessíveis, optamos por uma licença denominada CC BY, da *Creative Commons* (2014), que permite o compartilhamento e adaptação do conteúdo, ou seja: é possível copiar, redistribuir, remixar, transformar e recriar, a partir do material original. Trata-se de uma atribuição possível para vídeos postados no *Youtube*. Por esta licença, são mantidos os direitos autorais, e outros usuários podem reutilizar a obra (Google, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um elemento para avaliar a importância deste trabalho de produção de vídeos de FMC no idioma português e demonstrar sua validade baseia-se no uso de motores de busca (que são programas de pesquisa destinados a procurar palavras-chave em documentos alojados na Internet). Para os vídeos já disponibilizados, foram selecionadas algumas palavras-chave, que provavelmente seriam as mesmas utilizadas por estudantes e professores ao pesquisar estes temas na Internet e, por meio delas, foi verificada a colocação (*ranking*) atribuída para cada material. O *Google* é o buscador mais utilizado pela população brasileira, alcançando 94% da preferência dos usuários no ano de 2013 (Serasa Experian, 2014) e, por este motivo, foi selecionado como buscador padrão para a pesquisa. Como medida auxiliar, foi utilizado o buscador do *Youtube* que, embora faça parte do *Google*, tem seu sistema próprio de indexação e busca. Além do fator popularidade, esses sistemas apresentam um valor aproximado de resultados do total de acessos, que foi utilizado para comparar a ordem de preferência que os vídeos alcançaram, com relação a materiais semelhantes. Outros buscadores como *Yahoo*, *Ask* e *Bing* não foram utilizados nesta avaliação por sua porcentagem de uso ser relativamente baixa (Serasa Experian, 2014).

A seguir, destacamos alguns dos vídeos. Para isso, foram elaboradas as tabelas enumeradas de 10 a 16, contendo o nome do experimento, o número total de visualizações (número de acessos) correspondentes, as palavras-chave utilizadas na busca e a data da postagem do vídeo. Além disso, é apresentada a colocação (*ranking*) de cada vídeo nos buscadores e o número total de resultados obtidos na busca, ao usar o *Google Videos* e o *Youtube*. Esta etapa da pesquisa foi realizada entre 15 e 25 de fevereiro de 2020.

Tabela 10

Ranking total de acessos do vídeo referente ao experimento com lâmpadas espectrais (Total de acessos: 3.952, Data da Publicação: 26/06/2013).

Termos de Buscas	Ranking Google	Total Google	Ranking Youtube	Total Youtube
Lâmpadas Espectrais	1º	1240	1º	113
Experimento Lâmpadas Espectrais	1º	192	1º	4930

Tabela 11

Ranking total de acessos do vídeo referente ao experimento de Millikan (Total de acessos: 20.603, Data da Publicação: 25/08/2013).

Termos de Buscas	Ranking Google	Total Google	Ranking Youtube	Total Youtube
Experimento de Millikan	3°	3560	4°	2240
Gotas de Óleo de Millikan	1°	3.06	2°	515

Tabela 12

Ranking total de acessos do vídeo referente ao experimento de difração de elétrons (Total de acessos: 14.114, Data da Publicação: 02/07/2013).

Termos de Buscas	Ranking Google	Total Google	Ranking Youtube	Total Youtube
Difração de Elétrons	1°	1110	1°	407

Tabela 13

Ranking total de acessos do vídeo referente ao experimento da carga/massa (Total de acessos: 6.930, Data da Publicação: 24/12/2013).

Termos de Buscas	Ranking Google	Total Google	Ranking Youtube	Total Youtube
Experimento da Carga/Massa	1°	190000	1°	10200
Carga/Massa do Elétron	1°	41700	2°	1220

Tabela 14

Ranking total de acessos do vídeo referente ao experimento com a Cuba de Ondas (Total de acessos: 8.228, Data da Publicação: 14/03/2014).

Termos de Buscas	Ranking Google	Total Google	Ranking Youtube	Total Youtube
Cuba de Ondas	2°	71900	2°	29700

Tabela 15

Ranking total de acessos do vídeo referente ao experimento de dupla fenda (Total de acessos: 19.622, Data da Publicação: 18/03/2014).

Termos de Buscas	Ranking Google	Total Google	Ranking Youtube	Total Youtube
Experimento Dupla Fenda	12°	6340	12°	2220
Experimento de Young	6°	246000	27°	19700

Tabela 16

Ranking e total de acessos do vídeo referente ao experimento de Produção de Nanopartículas (Autores, 2020). (Total de acessos: 2.055, Data da Publicação: 25/03/2014).

Termos de Buscas	Ranking Google	Total Google	Ranking Youtube	Total Youtube
Produção de Nanopartículas	1°	4140	2°	174

Tendo em vista a pesquisa de estado da arte apresentada nas tabelas de 2 a 9, demonstramos a falta, no Brasil, de materiais em formato de vídeo abordando temas de FMC elaborados de maneira sistemática e em ressonância com as pesquisas em ensino. Neste trabalho, apresentamos uma proposta, baseada na articulação entre graduação e pós-graduação, que tem como foco a produção de vídeos didáticos em língua portuguesa que sejam, ao mesmo tempo, cientificamente rigorosos e com o condão de despertar o interesse do público. Neste sentido, fica evidente, a partir dos resultados apresentados nas tabelas de 10 a 16, que os vídeos por nós produzidos possuem um forte apelo junto à comunidade, porque, desde que foram postados, tem atraído grande audiência, quando comparados a materiais semelhantes. Este aspecto denota que o compartilhamento de significados entre aqueles que acessam os materiais (professores e alunos) aponta para a concepção pedagógica que norteou a concepção dos vídeos, prevista na Triade de Gowin (Moreira, 2011). Esse aspecto também surge com um diferencial desse conjunto de vídeos exposto neste trabalho, ao contrário de iniciativas até interessantes disponíveis na *web*, embora sejam concebidas de forma voluntariosa ou baseada no senso comum.

Interessa também notar que, ao longo dos meses e anos, o número de acessos aos nossos vídeos tem aumentado consideravelmente, o que constitui um indicador importante a respeito, ao menos, de uma necessidade latente. Acreditamos que esta demanda encontre contrapartida nos materiais por nós elaborados porque os vídeos combinam o mencionado rigor científico com uma linguagem acessível e cativante. A este respeito, destacamos um dado representativo e revelador, ao considerar como exemplo o vídeo sobre o Experimento da Carga/Massa. Em busca mais atual, realizada em 19 de fevereiro de 2020, o material por nós desenvolvido, postado originalmente em 24/12/2013 (Tabela 13), contava com mais de seis mil acessos, ocupando a primeira posição do *rankingGoogle*; nessa mesma busca, um vídeo promocional, postado originalmente em 20/09/2011, desenvolvido pela empresa especializada fabricante do equipamento (o mesmo que utilizamos para desenvolver o nosso vídeo), ocupava o quinto lugar, com 800 acessos. O vídeo que elaboramos, embora tenha sido postado mais de dois anos depois, tem sido muito mais difundido, mesmo considerando o tempo total desse vídeo (10 minutos e 17 segundos), que é mais que o dobro daquele produzido pela empresa (4 minutos e 54 segundos). Por isso, compreendemos ser fundamental a articulação que propomos e realizamos entre licenciandos e pós-graduandos, embasada num tripé que conjuga: formação científica, pesquisa em ensino e compromisso com a escola.

Neste contexto, é imperativo criar condições para a formação de profissionais capazes de estabelecer a necessária Transposição Didática (TD) dos conhecimentos científicos (Chevallard, 1997). A TD é um conjunto de transformações que relacionam o “saber sábio” (aquele produzido pelos cientistas), o “saber a ensinar” (aquele contido nos materiais e livros didáticos) e o “saber ensinado” (aquele que, mediado pelo trabalho do professor, é produzido na sala de aula). Este processo não é uma mera simplificação, mas, sim, a produção de conhecimentos capazes de conectar dois domínios epistemológicos diferentes: ciência e sala de aula. Daí o desafio de promover a atualização e modernização dos saberes, tendo em vista a necessidade da introdução de conteúdos das modernas teorias nos currículos de Física (Brockington & Pietrocola, 2005; Coimbra, 2016). Portanto, nosso

trabalho está baseado na concepção do currículo enquanto elemento vivo, com o qual e sobre o qual atua o professor, atualizando-o e transformando-o em aulas concretas, ricas em conteúdo e interessantes. Esta inspiração também norteou a elaboração dos vídeos, porque pensados para serem utilizados enquanto objetos educacionais compatíveis com o tempo didático das aulas de ensino médio, mas também como fontes de consulta fora da sala de aula. Os vídeos podem ser utilizados individualmente, mas, considerados em conjunto, constituem um todo orgânico que visa a cobrir um espectro amplo de temas da FMC, ao proporcionar as já mencionadas negociações de significados entre professores e alunos, mediadas pelos materiais didáticos.

Tendo em vista a formação dos estudantes que participam do projeto, é estimulada a leitura de artigos científicos relacionados a cada tema abordado e dá-se ênfase à realização de cada experimento, prática mediada pelos materiais e equipamentos disponíveis no Laboratório Didático de Física Moderna. No processo, os estudantes vivenciam dificuldades e impasses próprios de atividades experimentais (alguns dos experimentos demandam diversas semanas para serem completados), elementos que desempenham papel significativo na elaboração do conhecimento, por parte dos alunos, e refletem nos roteiros dos vídeos. Além disso, os estudantes podem aprofundar as conexões entre conteúdos abordados nas disciplinas curriculares de FMC e naquelas ligadas ao campo do Ensino. Os trabalhos culminam na realização dos vídeos e em sua utilização em sala de aula.

No tocante ao vídeo sobre “produção de nanopartículas”, chamamos a atenção para as possibilidades associadas à Transposição Didática num movimento que nos aproxima do *locus* do “saber sábio”: o laboratório de pesquisa. Trata-se aqui de ultrapassar as fronteiras do laboratório didático e adentrar um espaço em que se realiza pesquisa científica de ponta – neste caso específico, a produção de nanopartículas por meio da ablação a laser. Na Tabela 16, temos indícios a respeito da demanda por materiais deste tipo. E aqui destacamos que este material tem servido de base, por exemplo, para diversas intervenções em sala de aula, tanto em nível de pós-graduação (dissertações de mestrado profissional), quanto de graduação (trabalhos de conclusão de curso), visando a investigar meios de produzir sequências didáticas sobre temas como “nanociências” e “nanotecnologia”, bem como de avaliar seus desdobramentos e seu impacto em sala de aula, tendo em vista os processos de ensino-aprendizagem. Esta iniciativa está, portanto, em sintonia com propostas modernas de aproximar estudantes de graduação a temas de pesquisa atuais e a laboratórios de pesquisa (Melo Jr. *et al*, 2012; Sievers *et al.*, 2013). A propósito, mesmo agências financiadoras, como o CNPq, têm estimulado que cientistas realizem a divulgação de seus trabalhos de pesquisa, para fomentar a divulgação científica e a popularização da ciência. (CNPq, 2008). Por isso, propomos estreitar laços entre pesquisadores e estudantes envolvidos em laboratórios de pesquisa (onde se produz o “saber sábio”) e pesquisadores, estudantes e professores que trabalham diretamente com o Ensino de Ciências – e que tem relação direta com o cotidiano das escolas – a fim de que seja promovida a Transposição Didática e a produção de materiais de ensino e divulgação, especialmente os relacionados à FMC. Vislumbramos, assim, a criação de projetos multidisciplinares nos quais transitem pesquisadores, professores, estudantes de graduação e de pós-graduação, estabelecendo mais e melhores conexões entre os espaços dos laboratórios e as salas de aula.

Ao disponibilizar livremente os vídeos na Internet, alunos, professores e interessados no tema podem acessá-los sem maiores restrições. Esta é uma característica fundamental de objetos educacionais licenciados como REA, pois permite o reuso e compartilhamento virtualmente infinito com toda a comunidade do meio educacional – o que implica em difusão numa escala maior do que a alcançada por outros materiais, tais como artigos divulgados em eventos e até mesmo revistas de divulgação científica. A este respeito, importa ressaltar as notadas dificuldades – no Brasil – de acesso a laboratórios didáticos, em especial os relacionados à FMC, e mesmo a materiais didáticos em português de boa qualidade e amplamente acessíveis sobre o tema.

Gostaríamos, ainda, de registrar que, embora este projeto esteja organicamente relacionado à realidade escolar brasileira, o portal onde se encontram os vídeos também recebe frequentes visitas de pessoas de diversas partes do globo como: Portugal, Holanda, EUA, Uruguai, França, Austrália, Angola, Reino Unido, Bélgica, Eslováquia, Itália e Arábia Saudita, para citar apenas os maiores números de acesso.

APLICAÇÃO EM SALA DE AULA

É importante destacar que, para um aprendizado eficaz, é essencial que o uso de um vídeo seja seguido por duas etapas: primeiro, os professores precisam avaliar o entendimento fazendo perguntas e dando aos alunos a oportunidade de fazer perguntas por conta própria; em segundo lugar, os professores devem preparar tarefas que desafiem seus alunos com problemas que precisam das informações explicadas no vídeo (Kulgemeyer e Peters, 2016). Então, para aprofundar e validar o uso dos vídeos, foram elaboradas sequências didáticas para serem usadas com estudantes de ensino médio e aplicadas em sala de aula. Esta iniciativa deu origem ao produto de um segundo mestrado profissional. Para comparar respostas e colher percepções (que foram analisadas posteriormente) a professora utilizou um diário de campo e questionários, que foram aplicados ao longo do processo.

No primeiro assunto trabalhado – lâmpadas espectrais – a professora fez uma apresentação de *slides* e utilizou o vídeo referente ao experimento na sequência, parando o vídeo quando necessário para complementar ou destacar informações mais relevantes. Notou-se, nesse primeiro momento as principais vantagens do vídeo: pode ser pausado e reiniciado de qualquer ponto, garantindo que a informação possa ser revisitada quando qualquer pessoa envolvida no processo desejar. Por isso, as indagações da professora, depois da interação com a turma, eram respondidas pelos próprios vídeos. Dentre as principais considerações dos estudantes, destaca-se o fato do material ser desenvolvido por especialistas, nesse caso, graduandos orientados por professores universitários. Ao mesmo tempo que surgem dificuldades por conta da linguagem adotada, torna-se imprescindível o contato dos jovens com uma linguagem científica mais elaborada.

Posteriormente, num segundo encontro, o experimento de Millikan foi apresentado aos estudantes com o auxílio do vídeo. A tarefa consistia em, após assistirem o vídeo, elencar as possíveis dúvidas que seriam respondidas pela docente. O objetivo dessa

abordagem era suscitar no estudante o desejo de buscar informações relevantes sobre o tema (Santos, 2017). Os principais questionamentos dos estudantes estavam ligados às principais diferenças de se trabalhar com o vídeo propriamente dito e, efetivamente, realizar a experiência no laboratório.

De fato, uma das dificuldades encontradas por professores, que tentam explicar experimentos com imagens de livros ou apostilas, é justamente que os esquemas apresentados, em muitos casos, funcionam como ilustrações distantes da montagem real dos aparatos (Reis; Martins, 2015). Por isso, ao abordar o Efeito Fotoelétrico em uma aula expositiva, a professora utilizou os vídeos para apresentar o experimento e destacar a montagem bem como sua realização, aproximando e tornando a experiência mais palpável para os estudantes.

Nesta etapa de aplicação em sala de aula, dentre as considerações mais relevantes sobre o uso do recurso audiovisual, está a importância da parte “visual” que torna o experimento mais compreensível, segundo os estudantes. O fato de os vídeos mencionarem o impacto histórico dos experimentos e suas aplicações no cotidiano também é ponto destacado como positivos. Dentre as considerações negativas, a que mais se destaca é o fato de os estudantes não realizarem eles mesmos o experimento no laboratório, sendo destacada a impressão de que o manuseio auxiliaria ainda mais na compreensão dos fenômenos trabalhados. Ainda assim, a disponibilidade dos vídeos colaborou para a criação de aulas mais dinâmicas e interessantes na opinião da totalidade dos alunos, o que aponta, novamente, para a evidência da negociação de significados prevista na Tríade de Gowin.

CONCLUSÕES

Para além dos números interessantes de acessos e da ampla receptividade alcançada pelos vídeos por nós elaborados, importa apontar que estes vídeos podem funcionar como material de consulta e referência para professores e estudantes e ser, ao mesmo tempo, veículo de divulgação científica.

Embora os vídeos não permitam uma interação comparável às situações de experimentação no laboratório real, eles podem servir de auxílio a professores que pouco (ou nunca) tiveram contato com os experimentos abordados e também para estudantes que pretendem expandir e aprofundar conhecimentos. Além disso, os vídeos funcionam como importante ferramenta de divulgação e propaganda do curso de Licenciatura em Física, o que pode estimular o ingresso de mais jovens nas carreiras docente e de pesquisa.

Ressalta-se que os vídeos, em momento algum, substituem o trabalho de um professor no processo de ensino e aprendizagem. Porém, surgem como objetos auxiliares na medida em que os recursos educacionais presentes na escola básica são, em alguns casos, extremamente precários.

Destacamos também que os vídeos elaborados neste projeto podem ser úteis aos Mestrados Profissionais em Ensino de Ciências da Natureza, notadamente aqueles estruturados em rede, como o MNPEF da SBF. Tanto os vídeos produzidos quanto a idéia

mesma de fazê-lo podem servir de fontes de consulta e também de inspiração, tendo em vista o caráter de formação continuada dos professores-mestrandos. Inclusive, entendemos que investigações do por que da grande audiência despertada por estes vídeos possa ser contribuição relevante à área.

Atualmente, a produção de vídeos continua e os materiais desenvolvidos têm servido de base para a elaboração de aulas na universidade e em escolas nas quais atuam os estudantes ligados ao projeto. Além disso, cursos de formação de professores têm sido elaborados, tendo como base os vídeos e a experiência acumulada em seu desenvolvimento. A partir destas experiências, os vídeos podem passar por novos processos de edição com o intuito de torná-los mais adequados a determinadas necessidades. Acreditamos que, num contexto em que tal tipo de produção é, em geral, relacionada a grandes universidades e grandes centros, este trabalho, desenvolvido em uma universidade pública de médio porte, constitui importante contribuição para o ensino de FMC em nosso país.

DECLARAÇÕES DE CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

AGBJr foi quem concebeu a idéia inicial da elaboração dos vídeos e disponibilizá-los na WWW. SAHC foi quem filmou, entrevistou e editou os vídeos e ao final da edição também os disponibilizou no seu *site*. JAL foi desde o início do curso de Física o Professor da disciplina de Laboratório de Física Moderna do Curso de Física e acompanhou MVP na montagem dos experimentos para que SAHC pudesse filmá-los e ajudou a finalizar o trabalho escrito. NCSF foi orientador de mestrado no PPGFCET de SAHC e ajudou a escrever boa parte do trabalho. MVP foi quem realizou a pesquisa do número de acessos aos vídeos e compilou os dados. TVS escreveu uma parte do trabalho acrescentando dados após a mesma utilizar os vídeos na escola e realizar visitas com os alunos aos laboratórios didático e de pesquisa na universidade. Sendo assim, todos os autores contribuíram de forma harmoniosa na montagem gradativa do trabalho e todos auxiliaram pontualmente até chegar à sua construção final.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Declaramos que os dados que suportam os resultados deste estudo estão disponíveis abertamente em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2809>; <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1922> e em <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1029>. Para que os materiais produzidos sejam amplamente acessíveis, optamos por uma licença denominada CC BY, da *Creative Commons* (2014), que permite copiar, redistribuir, remixar, transformar e recriar, a partir do material original.

REFERÊNCIAS

Amparo V. & Gil-Pérez D. (2012). Aprender, ensinar, aprender... Um desafio coletivo de formação e ação permanentes. In A. F. Cachapuz, A. M. P de Carvalho, D. Gil-Pérez

- (orgs.). *O ensino das ciências como compromisso científico e social: os caminhos que percorremos.*, Cortez.
- Araújo, M. C. & Hosoume, Y. (2013). A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: algumas tendências da última década. In: *Anais do XX Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Paulo, São Paulo.*
- Auler, D. & Delizoicov, D. (2006); Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. *Revista Electronica de La Enseñanza de las Ciencias*, Vigo, 5(2), 337-355.
- Audino, D. F. & Nascimento, R. S. (2010). Objetos de Aprendizagem – Diálogos entre conceitos e uma nova proposição aplicada à Educação. *Revista Contemporânea de Educação*, Rio de Janeiro, 5(10), 128-148. <https://doi.org/10.20500/rce.v5i10.1620>
- Ayene, M., Kriek J. & Damtie, B. (2011). Wave-particle duality and uncertainty principle: Phenomenographic categories of description of tertiary physics students' depictions. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2), 1-13. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.7.020113>
- Bezerra-Jr, A. G., Lenz, J. A., Saavedra, N., Peres, M.V., Cossi Jr., O., Mello, A. C. & Conceição, S. A. H. (2015). Uma abordagem didática do experimento de Millikan utilizando videoanálise. *Acta Scientiae*, Canoas, 17(3), 813-832.
- Brockington, G. & Pietrocola, M. (2005); Serão as regras de transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, 10(3), 387-404.
- Brasil (2002). *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+*. Ministério da Educação.
- Brasil (2008). *Banco Internacional de Objetos Educacionais*. Ministério da Educação e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.
- Brasil (2008). *Portal do Professor*. Ministério da Educação. <http://portaldoprofessor.mec.gov.br>.
- Brasil (2017). Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base. Brasília, MEC/ CONSED/UNDIME, 2017.
- Brasil (2019). *Documento de Área 46 – Ensino*. Ministério da Educação, Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Superior.
- Brasil (2020). *Portal EduCapes*. Ministério da Educação, Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Superior.
- Cavalcante, M. A., Jardim, V. & Barros, J. A. A. (1999) Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: Difração de um feixe de laser. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 16(2), 154-169. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- CAPES / PIBID (2014). <http://www.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid>.
- Chevallard, Y. (1997) *La Tranposición Didáctica. Del Saber sábio al saber enseñado*. Aique Grupo Editor.
- CNPq (2008). *Documento Básico do Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia*.
- Coimbra, D. (2016). Transposição Didática da Física Moderna: reconsiderações necessárias. In Garcia, Auth e Takahasgi (Ed.) *Enfrentamentos do Ensino de Física na Sociedade Contemporânea*. Sociedade Brasileira de Física e Editora Livraria da Física. (p. 229-239).
- Creative Commons (2014). *Creative Commons*. <https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/br/>.
- Chesman, C., André, C. & Macêdo A. (2004). *Física Moderna Experimental e Aplicada*. Editora Livraria da Física.

- Cury, C.R.J. (2004). Graduação/pós-graduação: a busca de uma relação virtuosa. *Educação & Sociedade*, Campinas, 25(88), 777-793. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302004000300007>
- Dangur, V., Avargil, S., Peskin, U. & Dori, Y. J. (2014). Learning quantum chemistry via a visual-conceptual approach: Students bidirectional textual and visual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 297-310. <https://doi.org/10.1039/C4RP00025K>
- Dominguini, L. (2012). Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 34(2), 1-7. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>
- Dusek, V. (2009). *Filosofia da Tecnologia*. Edições Loyola.
- Freire Jr., Pessoa Jr & Bromberg, J. L. (org) (2010). *Teoria Quântica: estudos históricos e implicações culturais*. EDUEPB/Livraria da Física.
- Galvez, E.; Singh, C. (2010). Introduction to the Theme Issue on Experiments and Laboratories in Physics Education. *American Journal of Physics*, 78(5), 453-454. <https://doi.org/10.1119/1.2825387>
- Gama, C. L. G. da. (2007). *Método de Construção de Objetos de Aprendizagem com Aplicação em Métodos Numéricos* (210 f). Tese de Doutorado em Programação Matemática – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- Gomes, L. F. (2008). Vídeos Didáticos: uma Proposta de Critérios para Análise. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, Brasília, 89(223), 477-492. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>
- Google (2014). <https://support.google.com/youtube/answer/2797468?hl=pt-BR>
- Hansson, L., Leden, L. & Pendrill, A. (2019). Contemporary science as context for teaching nature of science: Teachers' development of popular science articles as a teaching resource. *Physics Education*, 54(5). <https://doi.org/10.1088/0031-9120/47/1/44>
- Kindem, G. & Musburger, R. B. (1997). *Introduction to Media Production: from analog to digital*. Focal Press.
- Kulgemeyer, C. & Peters C. H. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics*, 37(6), 065705. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/6/065705>
- Lima, N. W., Vazata, P. A. V., Moraes, A. G., Ostermann, F. & Cavalcante, C. J. de H. (2019). Educação em Ciências nos Tempos de Pós-Verdade: Reflexões Metafísicas a partir dos Estudos das Ciências de Bruno Latour. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, Belo Horizonte, 19, 155-189. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u155189>
- Lobato, T. & Greca, I. M. (2005). Análise da inserção de Teoria Quântica nos currículos de Física do Ensino Médio. *Ciência e Educação*, Bauru, 11(1), 119-132. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000100010>
- LTSC-IEEE (2007). *Standard for Information Technology: Education and Training Systems - Learning Objects and Metadata*.
- Macêdo, J. A., Pedroso, L. S., Voelzke, M. R., & Araújo M. S. T. (2014). Levantamento das abordagens e tendências dos trabalhos sobre as Tecnologias de Informação e Comunicação apresentados no XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 31(1), 167-197. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Machado D. I. & Nardi, R. (2003). Avaliação do Ensino e Aprendizagem de Física Moderna no Ensino Médio. In: *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru.

- Machado D. I. & Nardi, R. (2006). Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com o suporte da hiperídia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 28(4), 473-485. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>
- Mattar, J. (2009). *Youtube na Educação: o uso de vídeos em EAD*. Relatório de Pesquisa.
- Melo Jr., M. A., Santos, L. S. S., Gonçalves, M. C., Nogueira, A. F. (2012). Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. *Química Nova*, São Paulo, 35(9), 1872-1878. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000900030>
- Menezes, L. C. (2009). Ensino de Física: reforma ou revolução? In: *Física ainda é cultura?* André Ferrer P. Martins (org.). Editora Livraria da Física.
- 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*, São Paulo, 35(1), 01-09.
- Moreira, M. A. (2011). *Teorias de Aprendizagem*. 2ed. EPU.
- Ostermann, F. & Cavalcanti, C. J. H. (2001). Um pôster para ensinar Física de Partículas na escola. *Física na Escola*, São Paulo, 2(1), 13-18.
- 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, 5(1), 23-48.
- Pereira, M. V. & Barros, S. de S. (2010). Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 32(4), 4401-1-4401-8. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>
- Pereira, A. P. & Ostermann, F. (2009). Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, 14(3), 393-420.
- Pereira, M. V., Barros, S. de S., Rezende Filho, L. A. C. & Fauth, L. H. (2012). Audiovisual physics reports: students' video production as a strategy for the didactic laboratory. *Physics education*, 47(1), 44. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/47/1/44>
- Pessoa, M. de C. & Benitti, F. B. V. (2008). Proposta de um Processo para Produção de Objetos de Aprendizagem. *Hifen*, Uruguaiana, 32(62), 172 – 180. <https://doi.org/10.1590/0104-4060.38662>
- Pinto, A.; Zanetic, J. (1999). É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 16(1), 7-34. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Porto-Renó, D., Vertusi, A. C., Moraes-Golçalves, E., Gosciola, V. (2011). Narrativas transmídia: diversidade social, discursiva e comunicacional. *Palavra Chave*, São Paulo, 14(2), 201-215.
- Reis, W. F. & Martins, M. I. Experimentos em livros didáticos de física: uma análise comparativa de duas edições do PNL D. *Revista Imagens da Educação*, Maringá, 5(3), 1-9. <https://doi.org/10.4025/imagenseduc.v5i3.26522>.
- Rezende Junior, M. F. & Souza Cruz F. F. (2003). Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Do consenso de temas à elaboração de propostas. In *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Bauru.
- Rosa, P. R. da S. (2000). O Uso dos Recursos Audiovisuais e o Ensino de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 17(1), 33-49. <https://doi.org/10.5007/%25x>

- Sá, L. V., Almeida, J. V. & Eichler, M. L. (2010). *Classificação de objetos de aprendizagem: uma análise de repositórios brasileiros*. In *Anais do XV Encontro Nacional de Ensino de Química*, Brasília.
- Saavedra Filho, N. C. (2016). Utilização de objetos educacionais embasados em referenciais de ensino-aprendizagem e sua disponibilização como recursos educacionais abertos. In Garcia, Auth & Takahashi (Ed.) *Enfrentamentos do Ensino de Física na Sociedade Contemporânea*. Sociedade Brasileira de Física e Editora Livraria da Física (p. 255-268).
- Santos, T. V. (2017). *Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma proposta de articulação entre objetos educacionais e visitas a laboratórios*(104 f). Dissertação de Mestrado Profissional em Formação Científica, Educacional e Tecnológica – Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- SBF (2005). *Física para o Brasil: Pensando o Futuro*. Alaor Chaves e Ronald C. Shellard, editores científicos. Sociedade Brasileira de Física.
- Schmidt, K. T. (2011). *A comunicação Transmídia: Celebidades da TV nas mídias sociais, sua influência, contribuições e mudanças na comunicação* (90 f). Monografia do Departamento de Relações Públicas, Propaganda e Turismo da Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo.
- Serasa Experian (2014). <http://noticias.serasaexperian.com.br/google-brasil-lidera-top-10-buscadores-preferidos-por-usuarios-de-internet-em-dezembro-de-acordo-com-dados-da-hitwise/>
- Sievers, T. R., Saavedra Filho, N. C. & Bezerra-Jr, A. G. (2013). O Instituto Nacional de Diagnósticos em Saúde Pública como Tema Motivador para Aulas de Biologia no Ensino Médio. *Revista Práxis*, Volta Redonda, 8, 263-267.
- Silveira, S. & Girardi, M. (2017). Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 39(4), e4502. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>
- Singh, C. (2008). Student understanding of quantum mechanics at the beginning of graduate instruction. *American Journal of Physics*, 76(3), 277-287. <https://doi.org/10.1119/1.2825387>
- Snelson, C. (2008). Web-Based Video in Education: Possibilities and Pitfalls. In *Proceedings of the Technology, Colleges & Community Worldwide Online Conference*. (p. 214-221).
- Souza Jr, A. J. & Lopes, C. R. (2007). *Saberes Docentes e o Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem. Objetos de aprendizagem: Uma proposta de recurso pedagógico*. (p.135-145).
- Tarouco L. M. R., Fabre, M. C. J. M. & Tamusiunas, F. R. (2003). Reusabilidade de Objetos Educacionais. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, 1(1), 1-11. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.14199>.
- UNESCO (2011). *A Basic Guide to Open Educational Resources*.
- Valaderes, E. C. & Moreira, A. M. (1998). Ensinando Física Moderna do Segundo Grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 15(2), 121-135. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Vargas, A., Rocha, H. V. & Freire, F. M. P. (2007). Promídia: produção de vídeos digitais no contexto educacional. *Revista Novas Tecnologias na Educação*. Porto Alegre, 5(2). <https://doi.org/10.22456/1679-1916.14199>.
- Vicentini, A., Melquiades, F.L., Miyahara, F.Y., Borrero, P.P.G., Vicentini, E., Bastos, R. O. & dos Santos, R. A. (2011). Instrumentação para o ensino de Física Moderna e a sua inserção em escolas de Ensino Médio – Relato de Experiência. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, 6(3), 38-44.