

# **Por uma Abordagem Moderna e Contemporânea do Ensino de Física no Ensino Médio**

(In Defense of a modern and contemporary approach to physics teaching at high school)

Cássio C. Laranjeiras<sup>11</sup>, Sebastião I. C. Portela<sup>2</sup> e Luiz A. Ribeiro<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Instituto de Física, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

<sup>2</sup> Centro de Ensino Médio Integrado à Educação Profissional (CEMI/Gama/DF)

## **Resumo**

Apresentamos neste artigo um ponto de vista em defesa de uma abordagem moderna e contemporânea do ensino de física, caracterizada, sobretudo, pelo estímulo ao protagonismo, à curiosidade e ao espírito de investigação dos alunos. Nossa reflexão incide sobre a forma como a física vem sendo tratada na escola e se insere no debate em torno da física moderna e contemporânea no ensino médio questionando a perspectiva da mera adição (ao currículo) de novos tópicos àqueles já existentes. O objetivo é a busca pela significatividade do processo educativo e pela construção de sentido do conhecimento físico na escola, abrindo espaço para um trabalho mais dinâmico, integrado a outras áreas de conhecimento, em harmonia com os interesses dos alunos e em consonância com o que se poderia esperar de uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Palavras-chave: Física moderna e contemporânea. Ensino de física. Ensino médio. Aprendizagem baseada em projetos. BNCC.

## **Abstract**

We present in this paper a point of view in defense of a modern and contemporary approach to physics education, characterized above all by the stimulus to the protagonism, the curiosity and the research spirit of the students. Our reflection focuses on the way in which physics has been treated in school and takes part in the debate around modern and contemporary physics in high school, questioning the perspective of its insertion as a mere addition (to the curriculum) of new topics to those already given. The objective is to search for the meaningfulness of the teaching and learning process, opening space for a more dynamic work, integrated to other areas of knowledge, in harmony with the interests of the students and in line with what has been proposed by the National Curricular Common Base (BNCC).

Keywords: Modern and contemporary physics. Physics education. High school. Project-based learning. BNCC.

---

<sup>1</sup> Email: cassio@unb.br

## I. Introdução

De há muito se comenta e reivindica, sob o rótulo de Física Moderna e Contemporânea (FMC), a necessidade de introdução da Física do séc. XX na Educação Básica, sobretudo no Ensino Médio (ROGERS, 1969; GIL; SOLBES, 1993; GIL; SENET; SOLBES, 1988; ALBRECHT, 1996, 1989; TERRAZAN, 1992; SHABATEE; POSTLETHWATTE, 2000; OSTERMAN; MOREIRA, 2000; KAPON; GANIEL; EYLON, 2009).

João Zanetic, Físico e Educador Brasileiro da Universidade de São Paulo, costumava dizer, no final do século XX, que precisávamos levar a física daquele século para a sala de aula das escolas brasileiras antes que ele (sec. XX) acabasse. No início do século XXI, reconhecendo a imensa dificuldade e sinais de regressão da presença da ciência no universo escolar, passou a dizer que precisávamos colocar a física de qualquer século na sala de aula antes que ela (a física) fosse eliminada completamente desse âmbito (ZANETIC, 2006).

Nesse contexto de reflexão, e considerando o ambiente de “*simulacro de educação científica*” (LARANJEIRAS 2009) tão característico do sistema educacional brasileiro, talvez não seja absurdo nos perguntarmos se, de fato, a física chegou a algum momento a habitar o nosso contexto escolar.

O fato é que a reivindicação da presença da física moderna e contemporânea na sala de aula permanece na pauta. Dentre as razões geralmente apontadas para fazê-lo, vamos encontrar, por exemplo, a necessidade de atualização curricular, o reconhecimento de uma abordagem que contemple os modernos desenvolvimentos da física e suas relações com o desenvolvimento tecnológico atual, a potencialidade em motivar e despertar a curiosidade dos estudantes, a forte presença de tais conhecimentos na cultura contemporânea, sobretudo no âmbito tecnológico, e a fertilidade cognitiva e pedagógica desses conteúdos (STANARD 1990; TERRAZAN 1992; SHABAJEE; POSTLETHWAITE, 2000).

Apesar da legitimidade de tais razões, talvez valha a pena o exercício de apreciar a temática sob outra óptica, onde a própria física seja percebida e apreciada na intrínseca singularidade que a caracteriza - seja enquanto corpo de conhecimento seja enquanto modo de trabalhar (métodos). Isso pode nos ajudar a situá-la no rol das novidades no Ensino Médio, independente da temporalidade dos conteúdos e/ou temas estudados. É o que nos propomos a fazer ao longo deste artigo.

O argumento geral aqui apresentado é o de que a construção de sentido do conhecimento físico na escola está diretamente ligada à abordagem utilizada pelo professor e ao protagonismo do aluno no processo pedagógico, descolando-se assim, da temporalidade dos conteúdos de estudo e concentrando-se na dimensão epistemológica do processo de ensino e aprendizagem (LARANJEIRAS; PORTELA, 2016).

Sem evidentemente desconsiderar a importância e o papel desses conteúdos de ensino, o que aqui reforçamos é a dimensão propriamente epistemológica do ato de conhecer e a sua consequente centralidade no processo formativo dos educandos. Neste sentido, de pouco ou nada adiantará a introdução de objetos e/ou temas supostamente novos (modernos e/ou contemporâneos) se abordados sob uma perspectiva (epistemológica e pedagógica) empobrecida e carente de sentido. Por outro lado, objetos e/ou temas eventualmente considerados como “velhos” podem renascer na sala de aula quando abordados em sua integridade epistemológica.

Assim, a temática da FMC no Ensino Médio pode, com ganhos significativos no enfrentamento da questão, ser entendida em um contexto diferente, a saber, o da própria abordagem da Física neste nível de ensino, superando, portanto, a perspectiva da sua inserção como mera adição (ao currículo) de novos tópicos àqueles já existentes e, não raro, considerados ultrapassados e/ou desmotivantes.

O artigo está organizado da seguinte maneira: na seção II nós revisitamos aquilo que consideramos como objetivos da aprendizagem da física no ensino médio, enfatizando o caráter epistemológico associado à aprendizagem da física. Na seção III revisitamos objetos e abordagens no ensino de física, destacando a Aprendizagem Baseada em Projetos<sup>2</sup> e a Aprendizagem Baseada em Problemas como enfoques metodológicos sistêmicos e de grande fertilidade pedagógica na formação científica dos alunos. Na seção IV a estrutura curricular para o ensino de física no ensino médio é objeto de reflexão e crítica, momento em que utilizamos a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)<sup>3</sup>, proposta para o currículo brasileiro,

---

<sup>2</sup> A Aprendizagem Baseada em Projetos é mais conhecida pela sigla PBL (Project Based-Learning).

<sup>3</sup> A BNCC é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. O documento indica conhecimentos e competências que se espera que todos os estudantes desenvolvam ao longo da escolaridade

como ponto de partida para propor aquilo que consideramos como uma abordagem moderna e contemporânea da física nesse nível de escolaridade.

## II. Revisitando objetivos para a aprendizagem da física

Faz algum sentido afirmar que a significatividade e o êxito do ensino e da aprendizagem da física no ensino médio, serão tanto maiores quanto maior for a nossa clareza acerca dos objetivos pretendidos para a educação científica formal nesse nível de escolaridade. Afinal de contas, *como a física – enquanto componente curricular<sup>4</sup> da área Ciências da Natureza - pode contribuir para a formação dos estudantes?* Na mesma direção, *quais objetivos um professor/estudante de física do ensino médio poderia e deveria invocar como justificativa para o seu ensino/aprendizado?*

Em primeira aproximação, nossa resposta a esta questão vai ao sentido de reconhecer o caráter cultural da ciência, fruto de uma enorme diversidade de práticas e valores humanos, e de sua inquestionável e marcante presença na sociedade contemporânea, fortemente organizada e moldada com base no desenvolvimento científico e tecnológico. Essa perspectiva, que podemos caracterizar como cultural e humanística, agrega significativo valor ao nosso conhecimento e entendimento do mundo, constituindo-se em um excelente e necessário guia para a reconstrução da integridade do conhecimento físico na escola e na sociedade. Só isso já seria suficiente, a nosso ver, para justificar a necessidade da física exercer a sua vocação e assumir a sua identidade na prática escolar. Tanto a vocação quanto a identidade desse componente curricular estão intrinsecamente vinculadas à ideia de que a Educação Científica deve estimular e promover, sistemática e dialogicamente, a *curiosidade* e

---

(BNCC, Introdução, 2016). Até o momento de finalização desse artigo, a versão final da BNCC para o ensino médio não havia sido apresentada, estando em fase de discussão e ajustes no Ministério da Educação.

<sup>4</sup> Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) “Os conteúdos sistematizados que fazem parte do currículo são denominados componentes curriculares, os quais, por sua vez, se articulam com as áreas de conhecimento, a saber: Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza e Ciências Humanas. As áreas de conhecimento favorecem a comunicação entre os conhecimentos e saberes dos diferentes componentes curriculares, mas permitem que os referenciais próprios de cada componente curricular sejam preservados” (BRASIL, 2013)

o *espírito de investigação* nos alunos, ampliando-lhes a imaginação, a criatividade, a capacidade de abstração, o sentido ético de convivência, colaboração e intervenção social.

Uma caracterização epistemológica da ciência, auxiliada aqui pela epistemologia histórico-crítica do filósofo francês Gaston Bachelard (1884-1962), pode dar maior especificidade a esta ideia. O epistemológico aqui diz respeito, como não poderia deixar de ser, às bases, aos fundamentos da própria ciência e, conseqüentemente, aos elementos que podem e devem referenciar o ensino e a aprendizagem no espaço escolar<sup>5</sup>.

Segundo Bachelard:

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de ***obstáculos*** que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. (...) É no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentsidões e conflitos (BACHELARD, 1996, **itálico e negrito nossos**).

É exatamente aqui que surge no pensamento de Bachelard, a noção de *obstáculo epistemológico*, caracterizado intrinsecamente como uma espécie de causa de inércia, de estagnação e até de regressão no processo de conhecimento. Tais obstáculos somente se explicitam no ato mesmo de conhecer, razão pela qual será vital colocar-se epistemologicamente em ação (tornar-se sujeito) diante da realidade - sem o que o processo de conhecimento será inibido, impedindo a superação de formas desarmadas de conhecimento frente ao mundo, caracterizadas, sobretudo, pela *opinião* construída em associação intrínseca com a ação prática. Embora inevitável e ainda que coerente, a *opinião* ou *doxa*, como caracterizada pelo filósofo mexicano Eduardo Nicol (1907-1990), não traduz a coerência objetiva das coisas, razão pela qual acaba por se constituir em obstáculo ao processo de conhecimento (NICOL, 1965, p. 44).

Um exemplo, já bastante conhecido dos pesquisadores da área de Ensino de Física, diz respeito à queda dos corpos. Parece bastante natural, e a experiência assim o demonstra, que

---

<sup>5</sup> Embora reconhecendo as diferenças existentes entre os contextos de produção do conhecimento científico e o universo escolar, consideramos que a heurística própria ao contexto científico deve se constituir em importante elemento de referência para o ensino da ciência (LARANJEIRAS; LUCENA; CHIAPPIN, 2017; LARANJEIRAS; PORTELA, 2016).

ao serem perguntadas sobre o tempo de queda de dois corpos de massas diferentes, soltos de uma mesma altura, pessoas não iniciadas na Física elementar tendam a achar que o corpo “mais pesado” (leia-se aqui aquele de maior massa relativa) cai mais rápido do que o corpo “mais leve” (aquele de menor massa relativa). A tendência cotidiana (olhar desarmado) de se tratar indiferenciadamente *peso* e *massa* acaba se constituindo em obstáculo a compreensão acurada da situação acima indicada.

Outro conceito de grande relevância na epistemologia de Gaston Bachelard, e em certo sentido decorrente do de *Obstáculo Epistemológico*, é o de Ruptura, melhor caracterizado como *Ruptura Epistemológica*, visto que elaborado com o objetivo de indicar a descontinuidade entre o conhecimento comum, fundado no nível da *doxa*, e o conhecimento científico, aquele do âmbito da *episteme*.

Nessa perspectiva, retomando o exemplo da queda dos corpos, acima referido, identifica-se a necessidade de promover rupturas nas concepções de *peso* e *massa* cotidianamente construídas, e que acabaram por se constituir em obstáculos a compreensão física do fenômeno em questão.

Seguindo a análise de Bachelard, reconhecemos que a ciência nos propõe uma nova perspectiva de conhecimento. Com ela, estamos diante de um mundo novo, onde a experiência - agora organizada racionalmente - subverte a epistemologia positiva do dado imediato das sensações primeiras. Seu objeto, distante do nosso mundo, do contato da experiência cotidiana, nos surpreende e desafia. O “real” perde aqui sua individualidade física e adentra regiões onde a metáfora é a melhor forma de representação. É a organização desse “real”, tomado aqui como resultado de uma primeira experiência empírica, que vai assumir o papel de “realidade”, ou “real científico” como propõe Bachelard. Esse caráter indireto das determinações do “real científico” é que nos coloca num reino epistemológico novo. Neste sentido, em se tratando de ciência, conhecer significa promover rupturas com um tipo de conhecimento impossibilitado de abrigar (epistemologicamente falando) - porque fundado em “valores sensíveis primitivos” (BACHELARD, 1996, p. 19) - as complexas e abstratas representações de um real que não mais se contenta com o “como fenomenológico” visto que absorvido pelo “porquê matemático” (BACHELARD 1996, P. 8).

Portanto, de um ponto de vista epistemológico, a educação científica mostra o seu valor - justificando assim o seu ensino e aprendizado - exatamente porque demanda o enfrentamento de obstáculos e a promoção de rupturas em nosso processo (digamos “natural”

e “espontâneo”) de conhecimento. Neste sentido somos convocados a rever e a reconfigurar (melhor mesmo seria dizer abandonar) a ideia, tradicionalmente aceita, de que a aprendizagem da Física se identificaria com o simples domínio formal de um corpo de conhecimentos e suas correspondentes aplicações em situações abstratas e idealizadas com eventuais fins propedêuticos. Nesta, que bem poderia ser considerada uma perspectiva distorcida, os meios se confundem com os fins da educação científica e seu valor permanece meramente identificado com as exigências de acesso a níveis superiores de escolaridade.

Distanciados dessa perspectiva, a defesa que aqui apresentamos é a de que a prática pedagógica do professor de Ciências, e aqui particularmente da Física, deve se caracterizar, por um trabalho de criação e coordenação de *ambientes e situações de aprendizagem*, variados e significativos, onde o processo de *Iniciação à Ciência* esteja no núcleo central.

Tradicionalmente a ciência tem sido compreendida e apresentada seja como um corpo de conhecimento seja como um modo de trabalhar. Intrinsecamente relacionados, esses dois aspectos traduzem, em diferentes níveis, objetivos da educação científica e do processo de Iniciação à Ciência, embora não os esgotem em seu sentido completo.

Segundo Pozo e Gómez Crespo,

Entre as metas explícitas de todo currículo de ciências deve estar a de promover nos alunos certos valores relacionados com a natureza da ciência e suas implicações sociais, mas também outros relacionados com a atividade do aluno na sala de aula, suas relações com seus colegas e seus professores e, fora da escola, relacionados com a sociedade e com a forma de resolver os problemas que a vida social apresenta (POZO; CRESPO, 2009, pp. 32-33).

Para que essas metas possam ser alcançadas é necessário organizar o processo pedagógico de modo que os alunos possam protagonizar processos investigativos levantando questões, formulando problemas, identificando e selecionando variáveis relevantes em um dado fenômeno, utilizando conceitos e métodos específicos da área, definindo colaborativamente estratégias de ação na resolução de problemas, fazendo inferências e previsões. Tais estratégias devem estar no núcleo central das nossas aulas de física.

### III. Revisitando objetos e abordagens ao ensino de física

Tradicionalmente concebidos tomando como referência a lógica interna da disciplina a ser ensinada e distanciados dos interesses e das demandas formativas - tanto em termos de conhecimentos quanto de atitudes - de quem aprende, os programas e objetos de ensino da Física voltados para o Ensino Médio tem se mostrado inoperantes e ineficazes no cumprimento da tarefa de educação científica que supostamente se propõem a realizar. Segundo Luis Carlos de Menezes, Físico e Educador Brasileiro da Universidade de São Paulo,

O Ensino de Física continua dominado pela "pedagogia do discurso" e, por conta disso, os professores ainda pensam o currículo da disciplina que ensinam como a lista de tópicos que irão tratar, e não como o percurso formativo de seus alunos. Noutras palavras, não se perguntam que coisas os estudantes irão fazer para que aprendam, que linguagens eles vão utilizar, que vivências eles terão, de que discussões tomarão parte, que aspectos críticos de sua realidade pessoal e social serão problematizados em sala de aula ou em atividades extraclasse (MENEZES, 2009, pp. 38-39).

Em parte, isso se deve a uma incapacidade enraizada no próprio ambiente escolar e acadêmico (aqui nos referimos especificamente as Universidades, responsáveis diretas pela formação inicial dos professores da Educação Básica no Brasil), que já a partir da sua organização espacial e administrativo-pedagógica sinalizam um projeto (consciente ou inconsciente) de imobilização do conhecimento, impedindo efetivamente uma relação íntegra com o mesmo.

Jerome Seymour Bruner (1915-2016), psicólogo americano que se notabilizou no mundo da educação pela defesa da aprendizagem como um processo ativo, fundado em bases cognitivas e eminentemente contextual, desenvolveu um conjunto de teorias sobre a aprendizagem, a linguagem, o currículo, a pedagogia e a antropologia, que tiveram enorme influência nos EUA e na Europa durante as décadas de 60, 70 e 80 do século XX. Suas ideias inspiraram reformas curriculares que tiveram grande impacto na área de ensino de ciências e matemática. Bruner enfatiza a necessidade de os alunos compreenderem o próprio processo de descoberta científica, familiarizando-se com as metodologias das Ciências, assimilando seus princípios e estruturas.



Crítico das chamadas metodologias expositivas e preconizando o que, posteriormente, ficou conhecido como “Método da Descoberta”, Bruner defendia que:

Não há nada mais central para uma disciplina do que a sua maneira de pensar. Não há nada mais importante no seu ensino do que proporcionar às crianças a oportunidade de aprender aqueles caminhos de pensamento. (...) Em outras palavras, a melhor introdução a um assunto é o próprio assunto. (...) Logo de início, ao aluno deveria ser dado a chance de poder resolver problemas, conjecturar, discutir da mesma maneira que se faz no coração da disciplina (BRUNER, 1965, p. 1013).

Nessa mesma direção, vamos encontrar o Físico e experiente professor americano Frederick Reif enfatizando a importância de um entendimento adequado dos processos de pensamento subjacentes a produção de conhecimento no ensino de física. Ele estabelece como premissa básica do seu trabalho a seguinte ideia:

Nós não podemos ensinar física efetivamente sem um entendimento adequado do processo de pensamento neste campo (da mesma forma que não se pode ensinar alguém a jogar bem xadrez sem um adequado entendimento do processo de pensamento necessário para se jogar esse jogo (REIF, 1995, p. 35).

Uma compreensão dos processos de pensamento [maneiras de pensar] em um determinado campo de conhecimento está diretamente ligada a um efetivo exercício de investigação nesse campo, o que um processo pedagógico bem conduzido no interior da escola deve ser capaz de proporcionar. Isso implica na criação e coordenação de ambientes e situações de aprendizagem onde os alunos tenham a chance, porque desafiados, de formular e resolver problemas, explorar conceitos e teorias correlatos, levantar questões, formular hipóteses, problematizando e validando argumentos, inserir-se em controvérsias e realizar experimentos.

Não é difícil perceber que isso implica em transcender (espacial e temporalmente) a aula convencional como unidade padrão do processo de ensino e aprendizagem. Segundo Bruner, a prática em descobrir por si mesmo capacita os alunos a adquirirem informações que parecem ter o efeito de se tornarem mais acessíveis em suas memórias (BRUNER, 1961, p. 32). Apesar dos questionamentos em torno da efetividade desse modelo de ensino

(KIRSCHNER, 2006), centrado no “método da descoberta”, o que aqui nos interessa enfatizar é que se trata de um método de aprendizagem baseado na investigação e, portanto, capaz de traduzir relevantes aspectos do que denominamos inicialmente de *Iniciação à Ciência*.

Em se considerando que, de um ponto de vista epistemológico, uma educação científica autêntica seria aquela centrada no enfrentamento de “*obstáculos*” e na promoção de “*rupturas*” de natureza epistemológica, ao professor cabe a tarefa de planejar e conduzir este processo em sala de aula. Somente assim, a integridade da ciência enquanto conhecimento será capaz de se constituir no âmbito pedagógico. Neste sentido, nem a mera transmissão de conteúdos (quase sempre vazios de sentido) nem um suposto discurso crítico sobre a ciência (quase sempre frágil e matizado por viés ideológico) serão capazes de promover uma educação científica autêntica. Faz-se necessário, como ação pedagógica epistemologicamente referenciada, a inserção dos sujeitos (professores e alunos) num processo efetivo de Iniciação à Ciência.

Do ponto de vista mais especificamente curricular é fundamental reconhecermos a necessidade de superarmos o primado do quantitativo como parâmetro de qualidade, investindo fortemente na substituição do tradicional armazenamento de saberes por um aprendizado das linguagens, dos métodos de investigação e do exercício da criatividade. É preferível um currículo enxuto, bem estruturado e denso (científica e pedagogicamente) a um extenso, superficial e destituído de sentido. Além de limitar sua utilidade ou aplicabilidade, a perda de sentido do conhecimento científico limita também o seu interesse e reconhecimento da sua relevância por parte dos alunos.

Nessa revisão de abordagens, vale a pena indagar em que medida uma *aprendizagem de caráter colaborativo* e baseada em *projetos de investigação* desenvolvidos por grupos de alunos, sob a tutoria de professores, poderia redimensionar e proporcionar integridade à relação com o conhecimento na escola?

A Aprendizagem Baseada em Projetos (THOMAS, 2000; GOLDSTEIN, 2016), no interior da qual situamos também a Aprendizagem Baseada em Problemas (BARROWS, 1996; ALLEN; DUCH; GROH, 1996), é um modelo que organiza o aprendizado em torno de projetos. Trata-se de uma abordagem metodológica sistêmica, que envolve os alunos na aquisição de conhecimentos e competências por meio da investigação e realização de tarefas complexas (projetos), baseadas em questões desafiadoras ou problemas, de seu interesse, cuidadosamente planejadas com vista a uma aprendizagem eficaz. Nela, os alunos se

envolvem desde o início no desenho de atividades investigativas, na formulação e solução de problemas, na tomada de decisões, tendo a oportunidade de trabalharem autonomamente durante um extenso período de tempo (JONES; RASMUSSEN; MOFFITT, 1997).

Essa abordagem metodológica em educação tem suas raízes teóricas no filósofo e pedagogo americano John Dewey (1859-1952), que defendia o ensino centrado na vida, em questões do mundo real, aliando teoria e prática, sendo o aluno o grande protagonista do seu processo de aprendizagem (ZÔMPERO; LABURU, 2011; GOLDSTEIN, 2016).

Uma das grandes vantagens desse modelo, construído a partir da identificação de centros de interesse dos alunos, é proporcionar aos mesmos uma ampla margem de autonomia na aprendizagem e na definição de suas metas formativas. Outras vantagens são também apontadas na literatura, dentre elas a inserção dos alunos em pequenas *comunidades e ambientes de aprendizagem colaborativa* (BODNER, 1992; JOHNSON; JOHNSON; SMITH, 1991), valorização de diferentes *estilos de aprendizagem*<sup>6</sup>, *aquisição contextualizada de conhecimento* (COLES, 1991; DUNKBASE; PENICK, 1990), o desenvolvimento da habilidade de “*aprender a aprender*” (ENGEL, 1991), a vivência do “*fazer ciência*” (ALLEN; DUCH; GROH, 1996) e a promoção de *conexões interdisciplinares* (ALLEN; DUCH; GROH, 1996).

Longe de uma incursão superficial nos objetos de estudo, o que está em jogo aqui é a adoção de um enfoque profundo, a busca do significado e do sentido daquilo que se aprende e não a mera repetição cega e mecânica de informações desconexas e vazias de sentido. Diferente daquilo que tradicionalmente acontece na maioria das salas de aula das escolas de Ensino Médio no Brasil, os projetos de investigação - porque potencialmente capazes de captar e dar sentido aos interesses dos alunos - podem bem articular e mobilizar conteúdos da aprendizagem de forma mais efetiva. Nesse sentido, os conteúdos apresentam-se como meios e não como fins do processo educativo.

É importante observar que um enfoque metodológico baseado em *Projetos* e *Problemas* não precisa, e no nosso ponto de vista não deve, eliminar completamente as aulas

---

<sup>6</sup> Os estudos em torno dos chamados *estilos de aprendizagem* buscam mapear as diferenças em como os alunos aprendem novas coisas. Eles têm sido objeto de estudo principalmente em pedagogia e didática das artes e podem ser de grande relevância para a área de ciências da natureza (ZAJACOVA, 2013).

expositivas do professor. O que aqui enfatizamos é que elas não devem constituir o núcleo central do processo de ensino-aprendizagem. Outro grande desafio parecer estar na estrutura e organização curricular, que serão objeto de discussão da próxima seção deste artigo.

#### **IV. Revisitando a estrutura curricular**

A partir do reconhecimento da fossilização e anacronismo pedagógicos - tanto de objetivos e objetos, quanto de abordagens - vigentes no ensino da Física, faz-se necessário a construção de uma estrutura curricular mais adequada às demandas formativas dos estudantes do Ensino Médio e à integridade da física como ciência no universo escolar. Nessa direção, vale a pena refletirmos nas seguintes questões:

- Como conciliar o uso de estratégias que valorizem a curiosidade e o espírito de investigação dos alunos em sala de aula com uma estrutura curricular sobrecarregada (em quantidade) de tópicos supostamente considerados essenciais?
- Em que medida uma abordagem, supostamente mais amigável, porque de caráter mais geral, permite-nos extrair os elementos formativos essenciais oferecidos pela física na educação básica?
- Será que o melhor que a física tem a nos oferecer - como ciência da natureza e enquanto componente curricular do ensino médio - não está exatamente em uma abordagem que aprofunde os seus elementos constitutivos, sobretudo aqueles formais e abstratos?
- Como estabelecer uma linha divisória clara - sem criar hierarquias de valor, mas atendendo a demandas diferenciadas - entre aulas de física e aulas sobre a física?
- Diferentes demandas formativas podem ser devidamente atendidas a partir de um único modelo de trabalho com a física na sala de aula no ensino médio?

A primeira questão nos remete, de imediato, ao desafio de introduzirmos (na sala de aula) mecanismos e estratégias que garantam a construção de sentido na aprendizagem da física. Para Allen et al.:

A aprendizagem baseada em problemas fornece um remédio eficaz para um dos mais flagrantes problemas na abordagem tradicional ao

ensino de ciências, isto é, a esmagadora tendência de avançar do abstrato para o concreto. Introduzindo um problema interessante e relevante, captamos a atenção e o interesse dos alunos e lhes permitimos experimentar por si mesmos o verdadeiro processo de fazer ciência; eles avançam do conhecido para o desconhecido e, ao fazê-lo, podem pressentir as origens dos princípios abstratos que encontrarão posteriormente (ALLEN; DUCH; GROH, 1996, p. 44).

Nessa direção, a escolha dos tópicos que irão compor a estrutura curricular, além traduzir unidade na abordagem da física, deve estar associada ao seu potencial de desenvolvimento de competências e habilidades estruturais que possibilitarão aos alunos a construção de sua autonomia de aprendizado. Não se pode, portanto, desconsiderar (e a experiência docente assim o comprova) que de nada adianta adotar uma suposta extensão e/ou profundidade na abordagem dos conteúdos se ela for fruto de uma construção artificial e, portanto, destituída de sentido para os aprendizes.

Acompanhando projetos de investigação desenvolvidos por alunos da Educação Básica de escolas públicas e privadas de diferentes estados do Brasil<sup>7</sup>, temos nos deparado com muitos bons e excelentes projetos, com abordagens na área de Ciências da Natureza - desenvolvidos pelos estudantes, sob orientação de professores - que surpreenderiam, pela sua qualidade e profundidade, alunos de cursos de graduação e pós-graduação dessa mesma área, e que seria muito improvável de serem adquiridas por meio do trabalho convencional de sala de aula nas disciplinas Física, Química e Biologia.

É na reflexão de Bachelard, sobre a centralidade epistemológica da “*Questão*” no processo de construção do conhecimento científico, que identificamos caminhos de revisão e redimensionamento da estrutura curricular dos cursos de Física no Ensino Médio. Segundo Bachelard,

Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento

---

<sup>7</sup> Os projetos de investigação desenvolvidos nas escolas e apresentados nas Feiras de Ciências (Municipais, Estaduais e Nacionais) tem se mostrado uma excelente oportunidade de exercício metodológico de educação científica que devem merecer maior atenção.

científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído (BACHELARD, 1996, p. 8).

Nessa direção, não é difícil reconhecer nossas aulas de Física e nossos livros didáticos como verdadeiros compêndios de respostas - apresentadas como meras informações (não raro desconexas) - para perguntas, se não formuladas, nunca nem ao menos consideradas por alunos e também por muitos professores. Afinal de contas, a 2ª lei da dinâmica, formulada por Newton, configura-se como resposta ao qual pergunta? A quais conjuntos de questões respondem os princípios gerais da Termodinâmica? E a lei da indução de Faraday-Maxwell, equaciona e responde a quais indagações? Em qual cenário de reflexões e dúvidas nasceu a teoria da gravitação de Einstein? E a mecânica quântica? Será que ela também se organiza como respostas a um conjunto de questões? Quais?

Observem que, sob o ponto de vista aqui considerado, pouca ou nenhuma importância é atribuída ao fato de os conteúdos serem antigos, modernos ou contemporâneos. Isto porque, de que adiantaria incorporar conteúdos ditos modernos ou contemporâneos de física na estrutura curricular do ensino médio (em geral sobrecarregando-a) e fazê-los padecer do mesmo mal que atinge os antigos? Talvez não seja de todo absurdo atribuir a grande admiração que se devota a temas ditos modernos e contemporâneos ao fato deles estarem fora do currículo escolar. Muito provavelmente, ao adentrarem a organização curricular nos moldes vigentes, em pouco tempo, eles estariam sendo listados pelos estudantes e muitos professores como coisas chatas e sem sentido.

A segunda, a terceira e a quarta questões estão diretamente relacionadas e desafiam-nos a compreender e a conciliar diferentes níveis de abordagem no ensino de física. Ao contrário do que inicialmente poderia indicar, esses diferentes níveis não são excludentes - podendo mesmo ser compreendidos como complementares. Isso porque, uma vez construído o sentido da aprendizagem, coisa que uma aprendizagem baseada em problemas pode ser capaz de proporcionar, o nível de abordagem passa a ser uma simples questão de adequação. A quinta questão apresenta-nos um desafio que nos parece maior, mais diretamente relacionado a estrutura pedagógico-organizacional da escola e necessário de ser enfrentado com urgência. Diferentes demandas formativas, no interior de uma mesma unidade escolar, deveriam poder ser contempladas em suas especificidades. Uma vez definida a BNCC, diferentes modelos de sua implementação poderão possibilitar esse atendimento. Uma

possibilidade seria disponibilizar o componente curricular física em diferentes formatos, seja aquele de caráter mais horizontal e panorâmico, seja aquele mais vertical e profundo.

Como exercício, e já na busca por um esboço de proposição, vamos tomar como ponto de partida alguns elementos contidos na proposta da BNCC<sup>8</sup>.

Em sua 3ª versão, a BNCC compreende os conteúdos curriculares como estando a serviço do desenvolvimento de competências (BRASIL, 2016, pp.15-16). Por competência, em consonância com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional<sup>9</sup> entende-se a “possibilidade de mobilizar e operar o conhecimento em situações que requerem aplicá-lo para tomar decisões pertinentes” (BRASIL, 2016, p.15). Nessa direção, a BNCC define 3 grupos de *competências gerais* que se inter-relacionam e perpassam todas as áreas e componentes curriculares, a saber: i) Competências cognitivas; ii) Competências comunicativas; iii) Competências pessoais e sociais.

As *competências cognitivas* dizem respeito ao domínio e valorização de conhecimentos construídos sobre o mundo físico, social e cultural. As *competências comunicativas* estão relacionadas ao uso de diferentes linguagens com vistas à troca de informações, experiências, ideais, formulação de explicações e argumentações. As *competências pessoais e sociais* incidem na potencialização da gestão de emoções e comportamentos na relação consigo próprio e com os outros (BRASIL, 2017).

No caso específico do Ensino Médio, a BNCC é construída em torno de quatro áreas de conhecimento (Linguagens, Matemática, Ciências da Natureza e Ciências Humanas), estando a física situada como um dos componentes curriculares das Ciências da Natureza, juntamente com a biologia e a química.

---

<sup>8</sup> Como já indicado em nota, no início desse artigo, a versão final da BNCC ainda não foi divulgada pelo MEC. Portanto, até o presente momento contamos com uma 3ª versão (2017), que apresenta os elementos básicos da BNCC e seus detalhamentos para o ensino fundamental, e 2ª versão revisada (2016)- que contém os detalhamentos (ao que tudo indica, provisórios) referentes ao ensino médio.

<sup>9</sup> Trata-se da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 1996. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm). Acesso em: 04/05/2017.

Na 2ª versão revista da BNCC (BRASIL, 2016), a Física está organizada em seis (06) Unidades Curriculares, a saber:

- Unidade 1 (U1): Movimentos de Objetos e Sistemas
- Unidade 2 (U2): Energias e Suas Transformações
- Unidade 3 (U3): Processos de Comunicação e Informação
- Unidade 4 (U4): Eletromagnetismo - materiais e equipamentos
- Unidade 5 (U5): Matéria e Radiações - constituição e interações
- Unidade 6 (U6): Terra e Universo - formação e evolução

Da mesma forma que nos outros componentes curriculares da área Ciências da Natureza, os estudos da física - vinculados aos diferentes *Objetivos de Aprendizagem* - estão classificados em três níveis (introdutório, intermediário e avançado), e estruturados em *Eixos de Formação* que orientam o currículo. São os seguintes os eixos de formação propostos: i) Conhecimento conceitual (CC); ii) Contextualização social, cultural e histórica (CSCH); iii) Processos e práticas de investigação (PI); iv) Linguagens das ciências (LC).

Sem entrarmos em maiores detalhes acerca da BNCC, o que aqui nos interessa é apontar possibilidades - em consonância com o proposto naquele documento - de uma abordagem moderna e contemporânea da física nesse nível de escolaridade e baseada na perspectiva da Aprendizagem Baseada em Projetos e em Problemas.

Na proposição que aqui esboçamos, ao longo dos três anos do ensino médio os alunos desenvolveriam projetos de investigação, classificados nos mesmos três níveis previstos para os *objetivos de aprendizagem* da BNCC (introdutório, intermediário e avançado), mas utilizando uma lógica de organização diferente daquela interna à disciplina - quase sempre de caráter propedêutico e, não raro, uma mera reprodução degenerada da estrutura utilizada para a formação (em nível superior) de profissionais da área, e que historicamente se impôs como padrão no ensino médio. Nessa direção, os projetos percorreriam - em função dos interesses dos diferentes grupos (equipes) de estudantes - as 06 (seis) Unidades Curriculares propostas, cabendo ao professor garantir a orientação dos projetos em consonância com o



desenvolvimento das *competências gerais*, os *objetivos de aprendizagem* e os *eixos de formação* propostos pela BNCC.

O ponto de vista aqui adotado é o de que uma abordagem moderna e contemporânea do ensino de física no ensino médio deve trabalhar com uma compreensão unificada do conhecimento físico, evitando a fragmentação das relações existentes entre as Unidades Curriculares propostas. Assim é que projetos de investigação desenvolvidos nos três níveis acima referidos podem e devem envolver simultaneamente uma ou mais Unidades Curriculares.

Tomemos como um primeiro exemplo a Unidade 1 (Movimentos de Objetos e Sistemas), que bem poderia ser mobilizada e articulada com as Unidades 2 (Energias e suas Transformações) e 6 (Terra e Universo - formação e evolução), através do estudo do movimento da Terra, de seu satélite natural (Lua), e de outros componentes do nosso sistema solar. Na raiz desse processo de investigação, a mecânica elementar (galileana e newtoniana) desempenharia grande protagonismo, resgatando suas próprias origens - intimamente ligadas a Astronomia - e abrindo caminhos para entendimentos e compreensões posteriores que somente foram possíveis a partir da sua revisão, como foi o caso da teoria da relatividade de Einstein - inicialmente em 1905, com a teoria da relatividade restrita e, posteriormente, em 1915 com a teoria da relatividade geral.

Desde os primeiros momentos do ensino médio, será fundamental desafiar os alunos a compreenderem, com segurança, como o intenso movimento permanente da Terra em torno do Sol e em torno do seu próprio eixo se conciliam com a estabilidade dos corpos na sua superfície (não extrusão devido a sua rotação) e com a nossa (tão presente e enganadora) sensação de repouso cotidiana<sup>10</sup>. Eis aqui um interessante *problema*, legítimo e capaz de desencadear interessantes e vigorosos processos de investigação sob o protagonismo dos alunos.

Nesse momento, imaginemos com que surpresa e curiosidade eles se sentirão ao saberem que Galileu Galilei (1564-1642) teve dificuldades no enfrentamento dessas questões

---

<sup>10</sup> Uma translação completa da Terra ao redor do Sol leva 1 ano sideral, ou 365,256363 dias solares, a uma velocidade orbital média de 29,78 m/s. No caso da sua rotação em torno do próprio eixo, sua velocidade tangencial (no equador) é de aproximadamente 463 m/s.

e que, mesmo não tendo conseguido articular uma adequada defesa (do ponto de vista físico) do sistema copernicano (MARTINS, 1994), ele adicionou elementos centrais que permitiram a Isaac Newton (1643-1727) fazê-lo de forma completa. Nesse contexto, quão significativo será para os alunos identificarem que a introdução do *princípio de relatividade* por Galileu (1632) - sintetizada por ele na afirmação “O movimento comum é como inexistente” , cujos antecedentes trazem a tona importantes percussores do seu trabalho, como por exemplo Giordano Bruno - marca de maneira indelével uma significativa mudança em nossa compreensão do movimento. Longe de diminuir o papel de Galileu, a identificação das suas limitações aumenta o sentido da dimensão histórica e processual da Ciência, ampliando a nossa consciência em torno da natureza desta última. Agora, imaginem se já neste momento eles fossem apresentados a proposta de A. Einstein (1879-1955) de deixar a luz de fora dessa jogada (Relatividade Galileana), ao anunciar (1905), na forma de um postulado, que a sua velocidade no vácuo é igual para todos os sistemas de referência inerciais, não dependendo nem da velocidade do emissor, nem da velocidade do receptor do sinal luminoso? E que a tentativa de conciliar essa ideia com uma outra, a saber, a invariância das leis da óptica e da eletrodinâmica em relação a diferentes sistemas de coordenadas - curiosamente caracterizada como *princípio da relatividade* - levou a uma radical alteração dos nossos conceitos de espaço e tempo até então cristalizados como absolutos? Desde cedo eles perceberiam que é muito fácil ser seduzido por aquilo que a natureza, diretamente, indica aos nossos sentidos e que a experiência humana cotidiana não raro é um falso guia para uma adequada compreensão da natureza. Nesse contexto, toda uma concepção nova de realidade e de Cosmos começaria a emergir, revelando o protagonismo do *espaço* e do *tempo* na evolução do universo.

Como outro exemplo, agora mais diretamente relacionado a Unidade 5 (Matéria e Radiações - constituição e interações), o estudo de processos de interação luz-matéria poderia, com grande relevância, subsidiar a compreensão do mundo material microscópico a partir de uma discussão dos modelos de constituição da matéria, incluindo aí o núcleo atômico e seus constituintes. Nesse contexto, a explicação das diferentes propriedades dos materiais (térmicas, elétricas e magnéticas etc.) encontraria uma referência plena de sentido (BRASIL, 1996). Os efeitos biológicos e ambientais do de radiações não-ionizantes em situações do cotidiano poderiam também ser explorados, com grande riqueza de detalhes, em projetos de investigação conduzidos pelos alunos. Imaginemos com que satisfação os alunos enfrentariam o desafio de investigar, por exemplo, as relações entre a *fotossíntese* - principal processo de transformação de energia na biosfera - e a maior parte das cadeias alimentares da Terra. E os

perigos da exposição excessiva ao sol e a efetividade dos diferentes protetores solares disponibilizados no mercado?

## V. Conclusões

Buscamos ao longo desse artigo promover uma reflexão em torno da necessidade de repensarmos objetivos, objetos e abordagens ao ensino de física. A ideia central é que uma abordagem moderna e contemporânea do ensino de física - centrada, sobretudo no estímulo a *curiosidade* e ao *espírito de investigação* dos alunos - pode, com ganhos formativos significativos para alunos e professores, promover uma compreensão ampliada do processo de ensino e aprendizagem da ciência na sala de aula. Ao enfatizarmos uma abordagem da física no ensino médio baseada em *projetos* e *problemas*, procuramos sinalizar a ideia de que talvez as qualificações “moderno” e/ou “contemporâneo” possam ser mais bem compreendidas e operacionalizadas em sala de aula quando menos relacionadas aos objetos de ensino e mais diretamente ligadas às suas abordagens.

## VI. Referências

- ALLEN, DEBORAH E.; DUCH, BARBARA J.; GROH, SUSAN E. The Power of Problem-Based Learning in Teaching Introductory Science Courses. **New Directions for Teaching and Learning**, 68, 43-52, 1996.
- AUBRECHT, G. J. Redesigning Courses and textbooks for the twenty-first Century. **American Journal of Physics**, 57, 4, p. 352-359, 1989.
- \_\_\_\_\_. Report on the conference on the teaching of modern physics. **The Physics Teacher**, 24, 9, p. 540-546, 1996.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico**. Contraponto, Rio de Janeiro, 1996.
- BARROWS, H. S. Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. **New Directions for Teaching and Learning**, 68, P. 3-12, 1996.
- BODNER, GEORGE M. Why Changing The Curriculum May Not Be Enough, **Journal of Chemical Education**, 69, 3,186-190, 1992.
- BRUNER, JEROME. The act of discovery}, **Harvard Education Review**, 30, 1, p. 21-327, 1961.
- \_\_\_\_\_. The growth of mind, **American Psychologist**, 20, P. 1007-1017, 1965.

- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Lei Nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. DOU. Brasília, nº 248. 23/12/1996. PCN+ Ensino Médio. Orientações Curriculares Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Proposta preliminar. Base Nacional Comum Curricular..Segunda versão revista. Brasília: MEC, 2016. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>. Acesso em: 04/05/2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2017. Disponível em <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>. Acesso em 04/05/2017.
- COLES, C. Is Problem-Based Learning the Only Way? In **The Challenge of Problem-Based Learning**, edited by D. Boud e G. Feletti. New York: St. Martin's Press, 1991, p. 313-325.
- DUNKBASE, J. A.; PENICK, E. Problem Solving in the Real World, **Journal of College Science Teaching**, 19,6, p. 367-370, 1990.
- ENGEL, J. Not Just a Method But a Way of Learning. In **The Challenge of Problem-Based Learning**, edited by D. Boud e G. Feletti. New York: St. Martin's Press, p. 17-27.1991.
- GIL, D. P.; SOLBES, J. The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science, **International Journal of Science Education**, 15, 3, p.255-260, 1993.
- GIL, D. P.; SENENT, F.; SOLBES, J. Analisis critico de la introducción de la fisica moderna en la enseñanza de las ciencias, **Revista de Enseñanza de la Física**, 2, 1, p.16-21, 1988.

- GOLDSTEIN, OLZAN. A project-based learning approach to teaching physics for pre-service elementary school teacher education students, **Cogent Education**, 3, p.4-12, 2016.
- JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; SMITH, K.A. Cooperative Learning: Increasing College Faculty Instructional Productivity. In **ASHE-ERIC Higher Education Report No. 4. Washington, D.C.: School of Education and Human Development**, George Washington University, 1991.
- JONES, B. F.; RASMUSSEN, C. M.; MOFFITT, M. C. Real-life problem solving: A collaborative approach to interdisciplinary learning. **American Psychological Association**, Washington D.C., 1997.
- KAPON, S.; GANIEL, U.; EYLON, B. Scientific argumentation in public physics lectures: bringing contemporary physics into high-school teaching, **Physics Education**, 44, 1, p.33-38, 2009.
- KIRSCHNER, P.; SWELLER, J.; CLARK, R. Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching, **Educational Psychologist**, 41, 1, 75-86, (2006).
- LARANJEIRAS, C.C. Concepção de Conhecimento e a Dimensão Cultural da Ciência, André Ferrer P. Martins. In: MARTINS, ANDRÉ F.(Org.). **Física Ainda é Cultura?** São Paulo: Livraria da Física, 2009, P. 193-210.
- LARANJEIRAS, C. C.; PORTELA. S. I. C. The Carnot cycle and the teaching of thermodynamics: a historical approach, **Physics Education**, 51, 055013, 9 pp, 2016.
- LARANJEIRAS, C., C.; LUCENA, J.; CHIAPPIN, J. R. N. The heuristics of representation in science: the mechanisms and mathematical principles in physics of Descartes and Fermat, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 39, 4, 1-15, (2017). Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2017-0025>.
- LARANJEIRAS, C. C.; PORTELA. S. I. C. Clube de Ciências: Uma Experiência de Iniciação Científica no Ensino Médio em uma Escola no Brasil, **Revista de Enseñanza de la Física**, 27, no. Extra, p. 371-377, 2015.
- MARTINS, ROBERTO DE ANDRADE. Galileu e a Rotação da Terra, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 11, 3, p.196-211, 1994.
- \_\_\_\_\_ . Galileu e Princípio da Relatividade, **Caderno de História e Filosofia da Ciência**, 9, p.69-86, 1986.
- MENEZES, Luis Carlos de. Ensino de Física: reforma ou revolução? In: MARTINS, ANDRÉ F.(Org.). **Física Ainda é Cultura?** São Paulo: Livraria da Física, 2009, P. 27-45.

- NICOL, E. **Los Principios de la Ciencia**. Fondo de Cultura Economica, Mexico, 1965.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, 5, 1, p. 23-48, 2000.
- POZO, JUAN I. ; CRESPO, M. A. G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências - do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Artmed, Porto Alegre, 2009.
- REIF, FREDERICK. Understanding and teaching important scientific thought processes, **Journal of Science Education and Technology**, 4, 4, p. 26-282, 1995. DOI:10.1007/BF02211259.
- ROGERS, ERIC. Seminar on the teaching of physics in schools: at the Royal Danish School of educational studies. In: **Proceedings of the seminar on the teaching of physics in schools** by Søren Sikjær. Copenhagen: International Research Group on Physics Teaching, 1969.
- SHABAJEE, P. POSTLETHWAITE, K. What happened to modern physics? **School Science Review**, 81, 297, p.51-56, 2000.
- STANNARD, R. Modern physics for the young. **Physics Education**, 25, 3, 133, 1990.
- TERRAZZAN, E. A. A Inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2o. Grau, **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, 9, 3, 209-214, 1992.
- \_\_\_\_\_ . **Perspectivas para a inserção da física moderna na escola média**. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1994.
- THOMAS, J. W. A review of research on project-based learning. Disponível em <http://www.bie.org>, 2000, acesso em 28/04/2017.
- THOMAS, J. W.; MERGENDOLLER, J. R.; MICHAELSON, A. **Project-based learning: A handbook for middle and high school teachers**. The Buck Institute for Education, Novato, CA, 1999.
- ZAJACOVA, BLANKA. Learning styles in physics education: introduction of our research tools and design, **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 106, p.1786-1795, 2013.
- ZANETIC, J. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas, **Pro-Posições**, 17, 1, 49, p.39-56, 2006.