



# Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas\*

## Innovating Physics Teaching with Active Methodologies

NELSON STUDART<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do ABC, Santo André, SP e Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

---

### Resumo

*Este artigo versa sobre o uso de metodologias ativas na ensinagem processo de ensino que promove necessariamente aprendizagem com significado e compreensão do aluno. São discutidas as ideias centrais do ensino centrado no aluno e a ensinagem ativa, os desafios de implementação na escola, e são apresentados resultados de pesquisa acerca de sua eficácia. São abordados dois modelos de ensinagem ativa com tecnologias a Sala de Aula Invertida e o Ensino Híbrido, e são revistas as seguintes metodologias que são relevantes na prática docente: Ensino sob Medida e Instrução pelos colegas; Aprendizagem Baseada em Problemas; e os Três Momentos Pedagógicos (3MP). Estratégias para inserção desses métodos em sala de aula são apontadas.*

**Palavras-chave:** Metodologias ativas. Aprendizagem ativa. Ensino de Física.

---

---

\*Texto baseado em aulas dadas na disciplina Processos e Sequências de Ensino e Aprendizagem da grade curricular do MNPEF e palestras proferidas em eventos e escolas de ensino, em particular na IV Escola Brasileira de Ensino de Física, realizada na Universidade Estadual de Santa Cruz Ilhéus, de 25 a 29 de setembro de 2017

---

### Abstract

*This article deals with the use of active methodologies in teaching - a teaching process that necessarily promotes meaningful learning and student understanding. The central ideas of student-centered teaching and active learning, the challenges of school implementation, and research results about their effectiveness are discussed. Two models of active learning with technologies are addressed - the Inverted Classroom and the Blended Learning - and the following relevant methodologies in the teaching practice are reviewed: Just-in-time Teaching and Peer Instruction; Problem Based Learning; and the Three Pedagogical Moments (3MP). Strategies for inserting these methods in the classroom are pointed out. [EDITAR]*

**Keywords:** *Active methodologies. Active learning. Physics teaching.*

---

## I. INTRODUÇÃO

Paulo Freire enfatizava que não existe ensino se não houver aprendizagem e sempre entendeu o processo de ensino e aprendizagem como um processo dialógico em que o professor aprende com o aluno e vice-versa, numa troca constante. Concordando com o Mestre, é preciso descartar a dicotomia entre ensino e aprendizagem, em que o ensino é atribuição do professor e a aprendizagem é de responsabilidade do aluno. Daí a designação de ensinagem a esse processo no título do artigo. É sempre conveniente recordar a metáfora de Paulo Freire do modelo de educação bancária em que os professores agem como se o conhecimento pudesse ser diretamente transmitido de especialistas para alunos que recebem e depositam passivamente o conteúdo da aula, arquivando-o na memória para retirada posterior, comumente na prova.

Metodologias ativas são, portanto, aquelas em que, durante a ensinagem, os alunos participam ativamente do processo, ao invés de apenas escutar de modo passivo o professor. O objetivo desta revisão é dispor aos leitores-professores um repertório de metodologias ativas para uso em sua prática de ensinagem, definida no sentido amplo, como um processo de ensino que implique necessariamente em uma aprendizagem com significado para o aluno. Em suma, metodologias ativas constituem estratégias que possibilitam a realização de atividades nas quais os alunos constroem conhecimento e compreensão.

Propostas sobre um ensino centrado no aluno<sup>1</sup> remontam, no século XX, ao influente filósofo, psicólogo e pedagogo norte-americano John Dewey (1859-1952), que enfatizou a importância do aprender fazendo no qual o aluno é protagonista de sua própria aprendizagem ao mencionar que se trata de algo que um indivíduo faz quando estuda. É coisa ativa e pessoalmente conduzida. No entanto, o termo genérico aprendizagem ativa no sentido de aprendizagem centrada no aluno, em vez de centrada no professor, vem atraindo a atenção de proeminentes educadores desde o final da década de 1970 e o início da década de 1980.

---

<sup>1</sup>Ao filósofo Immanuel Kant (1724-1804) são atribuídas a defesa da educação pública e a aprendizagem baseada na ação no livro *Sobre Educação* cuja tradução para o inglês pode ser acessada em <http://bit.ly/2kBxPvG>.

Nas últimas décadas, o interesse de professores, educadores, psicólogos e designers instrucionais tem aumentado e vários modelos de ensino têm sido desenvolvidos e avaliados na busca de oferecer oportunidades de maior engajamento dos alunos e colaboração entre alunos e professores.

Neste artigo de revisão são abordadas, de modo breve, as bases e implicações da ensino ativo, com e sem uso de tecnologias, e discutidas estratégias que visem à inserção na sala de aula. Ao final, são discutidos dois modelos de ensino ativo, a Sala de Aula Invertida e o Ensino Híbrido e, dentre o amplo pluralismo metodológico, foram escolhidas as seguintes metodologias ativas que, na opinião do autor, possam ser relevantes para a prática do professor de Física: *Just in Time Teaching* (Ensino sob Medida); *Peer Instruction* (instrução pelos colegas); Aprendizagem Baseada em Problemas; e os Três Momentos Pedagógicos (3MP). Algumas delas já são usadas em sala de aula no Brasil e os relatos da aplicação e materiais instrucionais publicados em periódicos e em sites de programas de pós-graduação em ensino de física, notadamente o Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF).

A aprendizagem baseada em games e a gamificação ficaram de fora dessa revisão porque o interesse e atual pesquisa do autor nessas duas metodologias fazem por merecer uma abordagem em separado. Uma breve discussão introdutória ao tema foi feita pelo autor (Stuart, 2016).

## II. ENSINO CENTRADO NO ALUNO E ENSINAGEM ATIVA

Inúmeros educadores têm procurado definir a aprendizagem ativa. Embora não exista uma definição comum, Bonwell e Eison a consideram qualquer coisa que envolva os alunos ao fazer as coisas e a pensar nelas quando estão fazendo e em seu artigo apontam algumas características gerais (Bonwell e Eison, 1991):

- Os alunos estão envolvidos em algo mais do que simplesmente ouvindo;
- A instrução enfatiza o desenvolvimento da habilidade dos alunos mais do que apenas transmitir informações.
- Os alunos desenvolvem habilidades superiores e de pensamento (análise, síntese, avaliação);
- Os alunos estão envolvidos em atividades (por exemplo, lendo, discutindo, escrevendo).
- Os alunos exploram suas próprias atitudes e valores.

Michael e Modell consideram a aprendizagem ativa como um processo mental que não ocorre automaticamente e que se desenvolve quando os alunos constroem, testam e refinam seus modelos mentais do que está sendo aprendido (Michael e Modell, 2003). Outros autores preferem contextualizar a definição do aprender fazendo como aquele que envolve a participação ativa em um evento planejado, uma análise e reflexão sobre o que é vivenciado e a aplicação dos princípios aprendidos na escola, no trabalho e nas situações da vida (Smart

e Csapo, 2007). Após coletar definições dadas por 338 membros presentes em seminários sobre aprendizagem ativa em universidades dos Estados Unidos e do Canadá, Freeman et al. chegaram a seguinte definição que revela certo consenso entre os participantes: (Freeman et al., 2014)

A aprendizagem ativa envolve os alunos no processo de aprendizagem por meio de atividades e/ou discussão em sala de aula, em vez de ouvir passivamente um especialista. Ela enfatiza o pensamento de ordem superior e frequentemente envolve trabalho em equipe.

Em geral, a aprendizagem passiva utiliza métodos tradicionais, como aulas expositivas, em que a aprendizagem é centrada no professor, que é o único responsável pelo que foi aprendido, enquanto na aprendizagem ativa ela ocorre a partir do que os alunos fazem em sala de aula. Desse modo, a aprendizagem ativa é oposta à aprendizagem passiva que, em geral, diminui a motivação dos alunos, é pouco engajadora e depende essencialmente do professor para seu sucesso. No entanto, há várias barreiras a serem suplantadas para a implementação bem-sucedida da aprendizagem ativa na sala de aula. A Tabela 1 apresenta alguns desafios:

**Tabela 1:** *Desafios para docentes que se propõem a fazer aprendizagem ativa (Michael, 2007).*

1. Como cumprirei todo o conteúdo necessário?
2. Vou ter que abandonar tudo o que aprendi a fazer ao longo dos anos
3. Alunos resistem a ambientes diferentes das aulas expositivas
4. Minhas avaliações da disciplina vão decrescer
5. Meus colegas vão me criticar
6. A coisa é assustadora
7. É muito difícil!

Em uma oficina com professores numa universidade norte-americana, Joel Michael fez um levantamento das dificuldades apontadas pelos participantes para empregar a metodologia ativa, as quais não são muito diferentes daquelas identificadas nos cursos de formação de professores no Brasil. Uma lista parcial delas destaca: demasiado tempo de preparação; inadequação das salas de aula para a aprendizagem ativa; perda de controle do professor na sala de aula; falta de disposição dos alunos em se engajar na aprendizagem ativa; número e heterogeneidade dos alunos, e duração da aula constituem impedimento grave; tradição cultural de professores e alunos; falta de maturidade pessoal e profissional (Michael, 2007). Físicos proeminentes têm se preocupado com a abordagem tradicional no ensino de Física. Feynman, no prefácio de suas *Lectures*, chama a atenção que: o melhor ensino exige ... uma situação em que o estudante discute ideias, pensa sobre as coisas e fala sobre as coisas; [é] impossível aprender muito apenas sentado na sala de aula, ou mesmo resolvendo os problemas propostos (Feynman, 2008). Uma descrição das contribuições de Feynman para o ensino de Física encontra-se em Studart (2018).

O laureado pelo prêmio Nobel de Física de 2002, Carl Wieman, ardoroso defensor e proponente de mudanças no ensino de física norte-americano declara que o que funciona melhor do que assistir aulas e resolver os problemas sugeridos, de acordo com numerosos estudos, é ter estudantes trabalhando em pequenos grupos com instrutores que possam ajudá-los a aplicar os conceitos básicos a situações da vida real. Atualmente, ele usa a prática deliberada que "envolve o aluno na solução de um conjunto de tarefas ou problemas que são desafiadoras, mas factíveis, e que mobilizam explicitamente a prática adequada do *expert thinking* e seu desempenho. As tarefas devem ser suficientemente difíceis para exigir intenso esforço por parte do aluno para que haja progresso e, portanto, deve ser ajustado para o estado atual do conhecimento do aluno"(Wieman, 2012). Erik Mazur, pesquisador de Harvard, mostra como se deu sua transformação de aulas expositivas de física para calouros em aulas dinamicamente engajadoras com a criação do método Peer instruction, abordado a seguir (Mazur, 2009).

Os pesquisadores da área de Ensino de Física Meltzer e Thornton definem métodos de aprendizagem ativa como os que compartilham os seguintes aspectos: (1) sejam explicitamente baseados na pesquisa em Ensino de Física; (2) incorporem atividades em sala de aula e/ou atividades no laboratório que exijam que todos os alunos manifestem seus pensamentos por meio do falar, do escrever ou de outras ações que vão além do ouvir ou do anotar; (3) sejam avaliados repetidamente em cenários reais de sala de aula e forneçam evidência objetiva da melhoria da aprendizagem do aluno (Meltzer e Thornton, 2012). Marco Antonio Moreira é um pesquisador brasileiro que tem defendido enfaticamente o ensino centrado no aluno com o uso concomitante das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ensino de Física em conferências e publicações (Moreira, 2018).

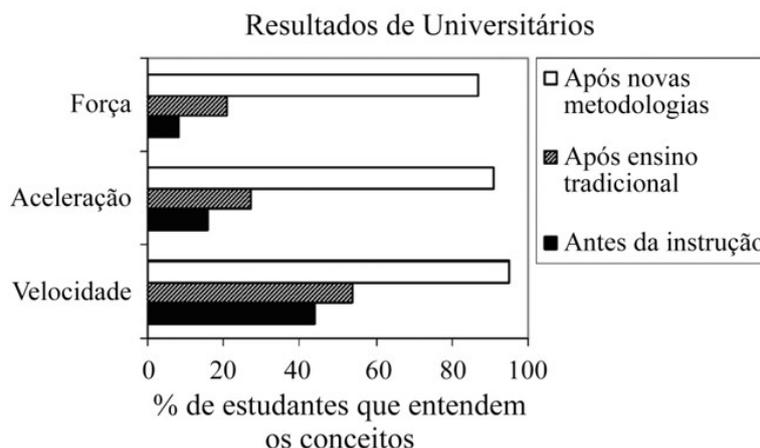
Uma vez que se encontra uma profusão de diferentes interpretações por parte de diferentes autores da área e, conseqüentemente, seja impossível fornecer uma definição universalmente aceita, o presente trabalho caracteriza simplesmente a metodologia ativa como:

- Todo processo por meio do qual o aluno deixa de ser um elemento da audiência para ser o ator principal e o professor deixa de ser o protagonista;
- Todo método instrucional que leva à ensinagem.

### III. EFICÁCIA DA ENSINAGEM ATIVA

Numerosos estudos discutiram a eficiência das metodologias ativas para a aprendizagem de alunos em todos os níveis de escolaridade e componentes curriculares.

Bonwell e Eison concluíram, após analisar a literatura da época, que a aprendizagem ativa proporciona melhores atitudes e avanço no raciocínio e na redação dos alunos. Priscila Laws e colaboradores (Laws et al., 1999) mostraram que os métodos de engajamento ativo ultrapassam os métodos tradicionais, melhorando significativamente a compreensão dos conceitos de física básica e contribuindo para o tratamento adequado das concepções alternativas dos alunos fundamental no ensino de ciências. A Figura 1 mostra os ganhos significativos dos métodos de engajamento ativo em comparação com o ensino tradicional no entendimento dos conceitos de força, velocidade e aceleração.

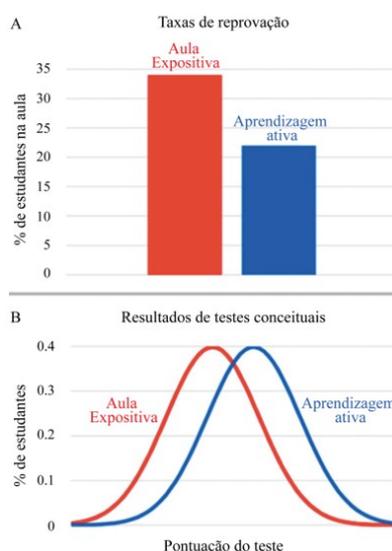


**Figura 1:** Métodos de engajamento ativo versus ensino tradicional na melhoria do entendimento de conceitos de física básica. Fonte: (Laws et al., 1999).

A metanálise de 225 artigos realizada por Freeman et. al. conduziu à seguinte impactante conclusão: (Freeman et al., 2014)

Os resultados levantam questões sobre o uso continuado das aulas tradicionais como controle nos estudos de pesquisa, e apoiam a aprendizagem ativa como a prática preferida e validada empiricamente na sala de aula regular.

A Figura 2 evidencia a comparação entre os métodos de aprendizagem ativa e o ensino por meio de aulas expositivas.



**Figura 2:** Comparações de resultados médios apresentados em Freeman et al., 2014). (A) taxas de fracasso em cursos de aprendizagem ativa e cursos de aulas expositivas. (B) Desvio na distribuição de escores dos alunos em testes de inventários de conceitos. Fonte: Wieman (2014).

Com base nesses resultados, Carl Wieman alertou que essa comparação manda uma clara mensagem:

"As implicações desses resultados da metanálise para a instrução são profundas, assumindo que são indicativas do que poderia ser obtido se os métodos de aprendizagem ativa substituíssem a instrução de aula tradicional [*lectures*] que domina a instrução STEM pós-secundária dos EUA".

## IV. GUIAS DE MÉTODOS DE ENSINAGEM ATIVA

Um excelente guia de referências comentadas para o leitor escolher metodologias ativas no ensino de Física é a *Resource Letter* de Meltzer e Thorton. Os métodos instrucionais são baseados e validados pela pesquisa em ensinagem da Física. Características comuns de estratégias de aprendizagem ativa bem-sucedidas são descritas. São ainda discutidas algumas metodologias ativas e apresentados resultados de avaliação da eficácia pedagógica. Outra fonte de boas referências é o portal *PhysPort* ([www.physport.org](http://www.physport.org)), da *American Association of Physics Teachers* (AAPT), disponibilizando gama extensa de métodos de ensino baseados em pesquisas na área.

## V. AMBIENTES PARA ENSINAGEM ATIVA

Os primeiros ambientes para ensino de ciências, focado no estudante, foram os laboratórios. Em 1906, Robert Millikan, mais conhecido por medir a carga do elétron e comprovar a equação de Einstein do efeito fotoelétrico, chamava a atenção para a importância de atividades de laboratório (*hands-on*) na abordagem de conceitos difíceis (Millikan e Gale, 1906).

Os atuais ambientes para estudo colaborativo e aprendizagem ativa em salas de aula com muitos alunos seguem o modelo SCALE-UP (*Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs*), projeto iniciado na Universidade Estadual da Carolina do Norte em meados de década de 90 (Beichner, 2014). Atualmente, esse modelo de ensino se estendeu para outras instituições norte-americanas e mudou para o título mais apropriado: *Student-Centered Active-Learning Environment with Upside-down Pedagogies* ([www.scaleup.ncsu.edu](http://www.scaleup.ncsu.edu)). De acordo com o site oficial, mais de 250 instituições de ensino superior nos EUA adotaram esse design de sala de aula de física, química, matemática e engenharia. O conceito se expandiu além-fronteiras, inclusive para Israel, Tóquio, China e Coréia (Park e Choi, 2014). No MIT, o ambiente TEAL (*Technology Enhanced Active Learning*) consiste de uma grande sala com uma *workstation* do instrutor no centro, rodeada por 13 mesas redondas onde 9 estudantes são acomodados e formam 3 grupos de 3. Quadros brancos e telas de projetores estão pendurados na parede. A aula nesse ambiente incorpora exposição geral de conteúdos e discussão em grupos menores, e os estudantes usam animações e simulações, e realizam experiências em grupos durante a aula. Os instrutores circulam entre as mesas interagindo com os alunos acerca do trabalho e avaliando a compreensão deles. A Figura 3 mostra a distribuição das mesas, quadros e telas dos projetores nas paredes.



**Figura 3:** Sala TEAL no MIT.

O TEAL-MIT desenvolveu o programa completo de disciplinas introdutórias de física com apresentações *power-point* de aulas, conjunto de problemas e questões conceituais, visualizações (*applets*, vídeos, entre outros) que podem ser acessados no site do projeto (<https://bit.ly/2W1v6gN>).

Contudo, não é preciso tecnologia de tal ordem para construir um design apropriado para desenvolver metodologias ativas na sala de aula para turmas grandes. É suficiente, do ponto de vista de infraestrutura física, dispor de mesas e cadeiras, quadros espalhados pelas paredes, projetores de slides e acesso a tablets e computadores. A USP foi pioneira ao criar esse tipo de ambiente nas disciplinas de Física 1 e 2 do Instituto de Física de São Paulo. O site do projeto <http://fig.if.usp.br/scaleup/> contém informações e um balanço dessa experiência inovadora no Brasil até o final de 2018. A Figura 4 mostra os alunos interagindo com colegas e instrutor.



**Figura 4:** Ambiente de aprendizagem ativa no design SCALE-UP nos cursos de Física Introdutória do IFUSP. Cortesia de André Farias.

## VI. ENSINAGEM ATIVA COM TECNOLOGIAS

Tendo em vista a disseminação e apropriação social de tecnologias digitais, bem como a disponibilidade de objetos educacionais digitais (ODE) e das plataformas para criação de ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), é impossível pensar em metodologias ativas sem a inclusão das tecnologias integradas ao currículo e inseridas na sala de aula. As bibliotecas digitais *ComPadre* ([www.compadre.org](http://www.compadre.org)) e *PhysPort* ([www.physport.org](http://www.physport.org)) já citada, ambas da AAPT, oferecem recursos inestimáveis para o ensino de Física. A ComPadre dispõe de coleções de materiais instrucionais para professores e alunos do ensino médio e superior e promove acessos a outros portais de interesse.

Os ODE mais empregados são:

- a) os audiovisuais (vídeo-aulas, vídeos demonstrativos, disponíveis no *Youtube*);
- b) as animações (gifs) ou infográficos animados que usam elementos visuais, como ilustrações e fotos, com componentes em movimento, para explicar determinado assunto;
- c) Simulações computacionais que modelam situações ou fenômenos hipotéticos ou reais, por meio da manipulação de parâmetros (Clark et al., 2009). O mais conhecido portal que disponibiliza simulações para as disciplinas de ciências e matemática é o *Interactive Simulations* criado por Carl Wieman que, ao receber a Medalha Oersted da AAPT, mostra a origem de seu interesse pelo ensino usando simulações (Wieman et al., 2007). O site <https://phet.colorado.edu>, disponível em vários idiomas, traz junto às simulações (que podem ser executadas online ou baixadas), a discussão dos conceitos abordados, instruções de uso, dicas para professores, e sugestões de aulas (Arantes et al., 2010).

Rutten et al. (2012) faz uma síntese de vários autores para explicitar as vantagens do uso das simulações: a) permite explorar sistematicamente situações hipotéticas; b) permite interagir com uma versão simplificada de um processo ou sistema; c) possibilita mudar a escala temporal de eventos; d) permite realizar tarefas e resolver problemas em um ambiente realístico sem estresse; e) autores ressaltam que as previsões dos alunos confirmadas na sequência da simulação levam à melhor compreensão conceitual de um fenômeno; f) o uso do computador permite economizar tempo dispendido pelo professor com montagem do experimento e familiaridade com o equipamento; g) a fácil manipulação das variáveis experimentais permite formular e testar hipóteses em pouco tempo.

Os resultados de pesquisa indicam: a) evidências robustas de que simulações computacionais podem melhorar o ensino tradicional, especialmente em referência a atividades de laboratório (Rutten et al., 2012); b) evidência moderada de que simulações motivam o interesse dos alunos em ciência (Hones e Hilton, 2011) e; c) que alunos ao realizarem experimentos de Física com simulações de computador adquirem compreensão conceitual tão bem ou melhor em comparação a seus colegas que usaram equipamento físico (Finkelstein et al. 2005).

Márcio Miranda (Miranda, 2013), e João Ortiz (Ortiz e Studart, 2018), entre muitos outros, usaram com bons resultados simulações do PhET em sala de aula em seus projetos do Mestrado Profissional (ver produção no site <http://www1.fisica.org.br/mnpef>).

O acesso facilitado a celulares e tablets na escola vem proporcionando o uso intensivo do Arduino e do Raspberry Pi para realizar medições de grandezas físicas na sala de aula<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>O leitor interessado pode consultar o Labduino de Marisa Cavalcante (<https://labduino.blogspot.com/>) e

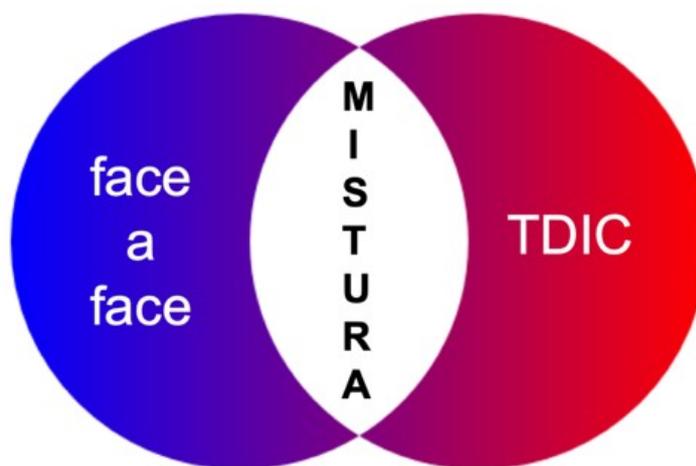
O Arduino, em particular, é um dispositivo composto por um microcontrolador e circuitos de entrada/saída, que pode ser facilmente conectado ao computador e programado de forma simples. Recentemente, foi lançado o *Phyphox* (<https://phyphox.org/>), dispositivo que permite fazer experiências de física com os sensores comuns já instalados em seu smartphone: acelerômetro, magnetômetro; giroscópio; sensores de luz e de proximidade; localização GPS, entre outros.

Na sequência, são abordados modelos de ensinagem e metodologias ativas que, de algum modo, podem ser caracterizados como ensino híbrido.

## VII. MODELOS DE ENSINO PARA ENSINAGEM ATIVA COM TECNOLOGIAS

### VII.1. Ensino híbrido

Trata-se de um programa de ensino formal em que o aluno aprende parcialmente: a) por meio de oferta online de conteúdo e instrução com algum elemento de controle do aluno sobre ritmo, tempo e lugar, itinerário; b) e em um lugar físico longe de casa (escola, sindicato, igreja, centro de ciências, etc.). Dessa forma, as duas modalidades estão interligadas de modo a proporcionar uma experiência integrada de ensinagem. A Figura 5 ilustra o modelo de ensino híbrido que congrega a interação direta aluno-professor (face a face) com o uso das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) para ensino online.



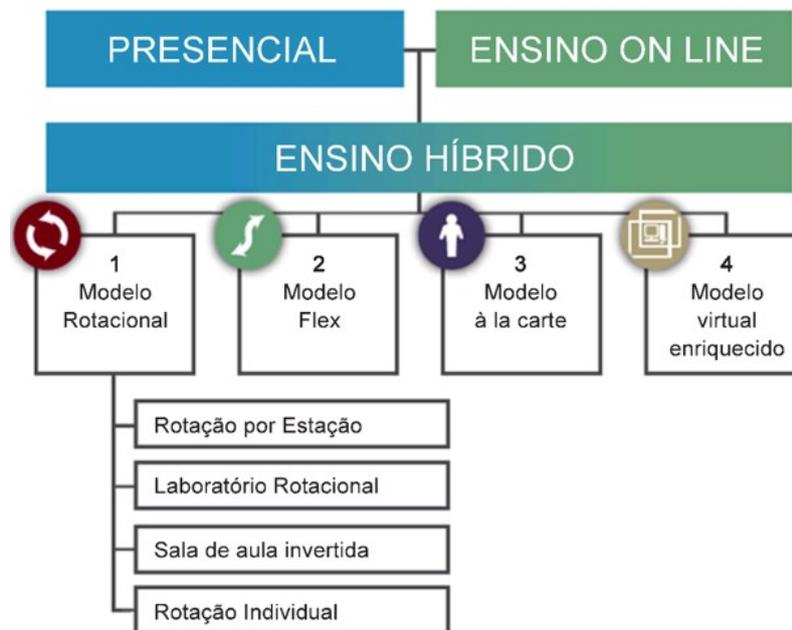
**Figura 5:** Ilustração do Ensino híbrido: conjugação do ensino presencial com o a aprendizagem online usando TDIC.

Esse modelo tem sido usado no ensino superior (Valente, 2014) e com possibilidade concreta de implementação em cursos em rede de formação de professores do ensino médio, por exemplo, os mestrados profissionais no ensino de várias áreas (PROEB) apoiados pela Capes. No entanto, o ensino híbrido que vem sendo usado em escolas de educação básica nos EUA e em outros países da América Latina e da Europa, difere do modelo definido acima, visando incorporar outras dimensões de aprendizagem e um conjunto mais amplo

---

encontrar dissertações e produtos educacionais desenvolvidos usando o Arduino no portal do MNPEF da SBF (<https://bit.ly/2VTPSPb>)

de estratégias de ensino como os desenvolvidos pelo Instituto Clayton Christensen (Horn Staker, 2015; Bacich et al., 2016).



**Figura 6:** Modelos de ensino híbrido. Fonte: Horn Staker (2015).

O diagrama da Figura 6 mostra modelos de ensino híbrido do Instituto Christensen. No primeiro, o rotacional, tem se mostrado o mais atraente para os professores. Nessa categoria se inclui qualquer curso em que os estudantes se engajem em diferentes metodologias de ensinagem, e pelo menos uma delas seja online. A subcategoria Rotação por Estação ocorre dentro da sala de aula ou em um conjunto de classes revezadas, as atividades girando em torno de um ensino conduzido pelo professor focado na aprendizagem individual. O Laboratório Rotacional corresponde ao modelo antigo em que a rotação é feita no laboratório tradicional. As atividades práticas são desenvolvidas em rotação de experimentos e o laboratório de informática. Atualmente, é mais comum que essas atividades sejam realizadas na própria sala de aula. A subcategoria Sala de Aula Invertida será discutida na próxima seção. Bacichi et al. (2016) consideram as propostas Flex (2), à la Carte (3) e Virtual Enriquecido (4) e a Rotação Individual que emprega metodologias de aprendizagem individual como disruptivas, haja vista que propõem uma organização na educação básica incomum à realidade brasileira. Portanto, não serão apresentadas aqui. No contexto da sala de aula na escola pública nacional, a proposta mais adequada, entre os modelos de ensino híbrido de Storn Staker (1915), seria a categoria de modelo da Sala de Aula Invertida.

A característica essencial e comum a todos os modelos de ensino híbrido é a convergência de dois ambientes de aprendizagem complementares: o ambiente presencial em um espaço físico (tradicionalmente a sala de aula) e o virtual.

## VII.2. Sala de Aula Invertida

O modelo da Sala de Aula Invertida envolve a combinação de várias metodologias ativas para engajar os alunos na ensinagem. O modelo proposto em 2007 por Bergmann e Sams, professores de química do ensino médio, se baseou inicialmente na gravação prévia de vídeos das aulas, de modo a usar o período integral das aulas para ajudar os estudantes com os conceitos que não tinham entendido. Logo concluíram que esse modelo era muito mais eficaz que as aulas expositivas e as tarefas para casa. Atualmente, o conceito de uma aula invertida é o seguinte: aquilo que é feito na aula é agora feito em casa e o que é tradicionalmente feito como tarefa de casa (*homework*) é agora completado na aula (Bergmann Sams, 2016). Há semelhanças evidentes com o modelo de ensino híbrido, pois ambas possibilitam a integração de metodologias ativas e de tecnologias educacionais e favorecem a autonomia do aluno, visando uma educação personalizada que atenda às suas necessidades individuais. Simplificando, o processo se desenvolve em três etapas: antes, durante e após a aula. O aluno,

### 1. Antes da aula:

- obtém informações (vídeos, leituras, busca na internet);
- levanta dúvidas;
- faz tarefas simples;
- começa a se envolver.

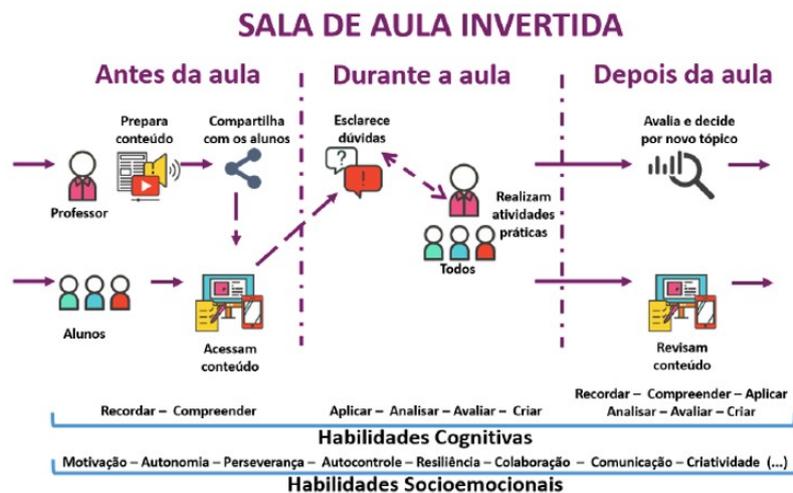
### 2. Durante a aula:

- discute com o professor e colegas;
- tira dúvidas;
- realiza atividades preferencialmente colaborativas (resolução de problemas, experimentos, simulações, games, etc.)

### 3. Depois da aula:

- reflete sobre sua aprendizagem;
- faz relatórios, escreve textos, etc.;
- amplia sua aprendizagem.

A Figura 7 ilustra as etapas a serem seguidas no modelo da sala de aula invertida segundo Elieser Schmitz (2017). Esse pesquisador, a partir do seu trabalho de mestrado na UFSM, produziu material interessante, que está disponibilizado no Youtube.



**Figura 7:** O modelo de sala invertida, diagrama indicando as habilidades a serem desenvolvidas em cada uma das três etapas do processo. Fonte: (Schmitz, 2017)

Oliveira et al. (2016a) apresentam o modelo da sala de aula invertida e diferentes maneiras de promover a inversão, conjugando várias metodologias ativas. Discutem os motivos que podem levar o professor de física a modificar sua prática por meio desse, e apresentam as principais dificuldades a serem enfrentadas na sua implementação. Trata-se de leitura obrigatória para o leitor interessado em inverter sua aula.

## VIII. METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINAGEM

São várias as estratégias instrucionais que visam motivar o aluno e aumentar sua aprendizagem. John Larmer<sup>8</sup> fez um breve levantamento e identificou inúmeros tipos que são listados para ilustração do pluralismo metodológico:

- Case-based learning
- Challenge-based learning
- Community-based learning
- Inquiry-based learning
- Design-based learning
- Game-based learning
- Land-based learning
- Passion-based learning
- Phenomena-based learning

<sup>8</sup>Disponível na página pessoal do autor <https://www.edutopia.org/profile/john-larmer>.

- Place-based learning
- Problem-based learning
- Proficiency-based learning
- Service-based learning
- Studio-based learning
- Team-based learning
- Work-based learning

Percebe-se um bem-vindo pluralismo de metodologias de aprendizagem. É possível que alguns desses métodos não atendam aos critérios estabelecidos por Thorton e Meltzer (2012) para o ensino de Física. No entanto, o leitor interessado deve buscar conhecê-las e eventualmente adaptá-las, porque a diversidade metodológica e a autonomia do professor são fatores básicos no planejamento das atividades de ensino.

O presente artigo aborda apenas uma das metodologias listadas no rol de Larmer: Problem-based learning. As demais são a Peer Instruction (Instrução por colegas), Just in time teaching (Ensino sob medida) e os Três momentos pedagógicos: o Team-based learning foi usado por Tobias de Oliveira em seu trabalho de mestrado (Oliveira et al. 2016b) e se encontra bem discutido em Oliveira et al. (2016a).<sup>10</sup>

### VIII.1. Just in Time Teaching (Ensino sob Medida)

Novak e colaboradores (Novak et al., 1999) consideram o Ensino sob Medida uma mistura cuidadosamente orquestrada de atividades de aprendizagem. Na sua forma original, o Ensino sob Medida (EsM) consiste em uma abordagem pedagógica que exige respostas dos alunos a perguntas relacionadas a uma aula vindoura, com algumas horas de antecedência, usando um sistema de gerenciamento de cursos on-line. Apesar da hora certa<sup>11</sup> no nome, podendo indicar que há um momento certo para a aprendizagem, o EsM é justamente o oposto. Os estudantes percebem que a ensinagem exige tempo, concentração e perseverança. As questões do EsM diferem dos problemas tradicionais porque são elaboradas não apenas para que o aluno desenvolva habilidades cognitivas mas, também, confronte suas concepções alternativas, levante seus conhecimentos prévios e desenvolva o pensamento metacognitivo. Na sala de aula, o trabalho dos alunos muda substancialmente o ambiente, proporcionando o engajamento do aluno. As questões identificam as lacunas de aprendizagem, de modo que o professor possa atuar no momento em que o assunto ainda está fresco na cabeça dos alunos (daí o sentido do just in time). O EsM não é útil apenas para preparação de

<sup>10</sup>O Grupo de Ensino da Física do IF-UFRGS tem desenvolvido um trabalho excelente e constante na formação de pessoal e na produção de trabalhos de pesquisa e de materiais instrucionais. Consulte <http://www.if.ufrgs.br/ppgenfis/index.php>

<sup>11</sup>*Just in time* é um sistema de administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora certa (tradução literal do inglês). É também, para os admiradores do jazz, uma canção de Nina Simone de 1961.

instrutores; também ajuda aos alunos a se preparem para a aula (Simkins Maier, 2010). Os objetivos do EsM são:

- Aumentar a eficácia do tempo em sala de aula;
- Estruturar o tempo de estudo extraclasse, aumentando seus benefícios.
- Prover feedback imediato acerca do conhecimento conceitual do aluno;
- Estimular a cooperação entre os estudantes nas atividade na sala e online;

Salvo variações, o EsM envolve basicamente três etapas centradas nos alunos:

1. Exercícios de aquecimento (*WarmUp exercise*) Essa é uma etapa anterior à aula. Os alunos são convidados a ler materiais de apoio, realizar as Tarefas de Leitura (TL) e responder questões conceituais por e-mail, ou posts em plataformas do tipo Moodle. Com base nas respostas o professor prepara a aula.
2. Discussões em sala sobre Tarefas de Leitura (TL)  
O professor reapresenta as questões e discute algumas respostas, mantendo o anonimato do aluno, e foca nos pontos nos quais os alunos tiveram dificuldade de compreensão.
3. Atividades em grupo envolvendo os conceitos trabalhados nas TL e na discussão em aula Exposições orais curtas, intercaladas com outras atividades individuais ou colaborativas, exercícios de fixação, trabalhos em laboratórios, etc.
4. Antes da próxima aula, os alunos podem receber outros tipos de questões mais intrigantes, as Puzzles, relacionadas ao conteúdo trabalhado em aula e que devem ser respondidas eletronicamente. O professor avalia a aprendizagem e decide se retorna ao mesmo tópico na próxima aula ou se segue em frente.

Há evidências de que os alunos submetidos ao EsM chegam às aulas melhor preparados e relatam que o método os ajuda a focar e organizar o estudo fora da sala de aula. A metodologia EsM é comumente integrada com o Instrução pelo colegas, a ser discutido na sequência.

## VIII.2. Peer Instruction (instrução pelos colegas)

A *Peer Instruction* ou Instrução pelos colegas (IpC) foi criada por Eric Mazur<sup>12</sup>, após constatar que seus alunos, embora fossem capazes de resolver problemas de física complicados, tinham muita dificuldade de lidar com questões conceituais. Embora projetada para o ensino superior, começou a receber atenção em aplicações no ensino médio, em especial

<sup>12</sup>Mazur é um hoje um conferencista aclamado na área de Educação, tendo visitado várias vezes o Brasil Em 2014, recebeu o primeiro Prêmio Minerva por suas contribuições para o progresso da Educação Superior no valor de US\$ 500.000. Lidera dois grupos em Harvard: Óptica não-linear e Ensino de Física.

no Brasil. Revisão exaustiva da literatura sobre a aplicação da IpC foi feita por Muller et al. (2017). Uma pesquisa de 2009 apontava a IpC como a metodologia ativa mais usada no ensino de Física nos EUA (Henderson e Dancy, 2009).

Em sua versão original que não usava tecnologia, a metodologia caracteriza-se por exposição dialogada curta pelo professor, apresentando em seguida um teste com questões conceituais de múltipla escolha (*ConceptTest*), relacionadas aos conteúdos estudados. É dado algum tempo para o aluno pensar e depois votar individualmente na resposta que julga correta. A votação se processa por cartões-resposta (*flashcards*) ou por meios eletrônicos (*clickers*). Conforme a distribuição de respostas, o instrutor escolhe alternativas. A Figura 8 ilustra as etapas do processo que podem ser assim sumarizadas:

- acima de 70% de acertos: o professor entende que a maioria de alunos compreendeu o tema, faz considerações breves e passa para outro assunto;
- abaixo de 30% de acertos: o professor reformula a exposição, obviamente com algumas diferenças;
- entre 30% e 70% de acertos: os alunos se reúnem em pequenos grupos e discutem os temas abordados. Durante essa etapa, o professor participa das discussões, circulando entre os grupos. Após o debate, o processo de votação é retomado e o professor esclarece a resposta correta.<sup>14</sup>

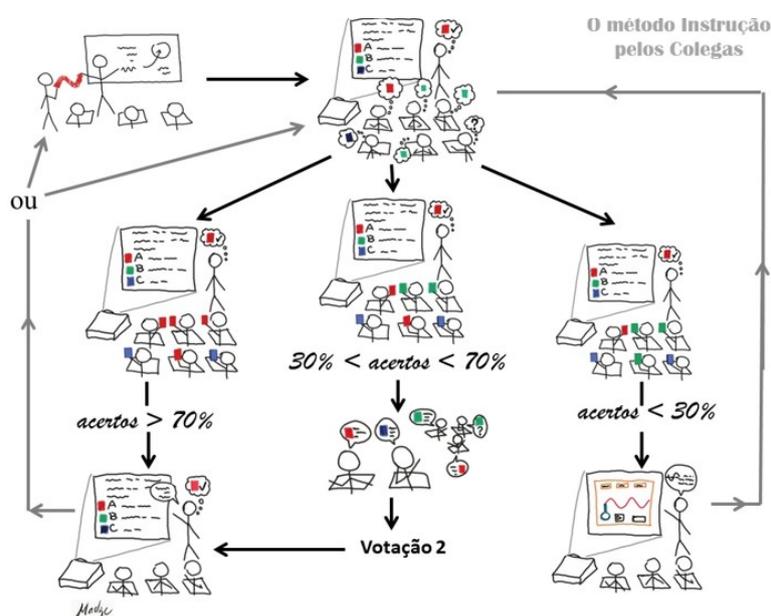


Figura 8: Os passos de implementação da IpC. Cortesia: Madge Bianchi.

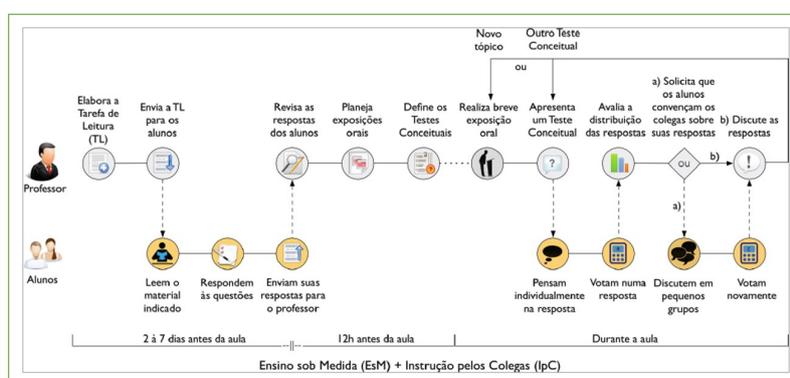
### VIII.3. Integração do Ensino sob Medida e Instrução pelos pares

A integração entre EsM e IpC foi proposta por Jessica Watkins e Erica Mazur (2010). Há evidências baseadas em pesquisa que a combinação das duas metodologias torna a

<sup>14</sup>As percentagens sugeridas para cada etapa são estimativas e dependem do conteúdo abordado e perfil dos alunos. O prosseguimento ou fechamento do processo deve ser decidido pelo professor.

ensinagem mais eficiente. A qualidade da discussão e da aprendizagem em uma aula com IpC depende dos *ConcepTests*, que devem levar em conta as dificuldades dos estudantes e o grau de adequação da questão ao nível da classe. O recebimento, antes da aula, pelo professor, das tarefas atribuídas aos alunos no EsM constitui um importante feedback acerca do seu conhecimento prévio e de sua compreensão do material proposto. Desse modo, a escolha dos *ConcepTests* e a preparação da aula se torna especialmente mais eficiente. Muitas vezes, conhecendo as dificuldades dos estudantes ou suas concepções alternativas, o professor tem ideias para novas perguntas.

Como outra vantagem de usar a integração do EsM com a IpC, o JiTT PI é a personalização da sala de aula. O uso das tecnologias digitais torna mais fácil a interação professor-aluno, de modo que os professores podem responder aos alunos individualmente, mesmo numa sala numerosa (Watkins Mazur, 2010).



**Figura 9:** Linha do tempo do Ensino sob Medida e da Instrução pelos colegas para uma determinada aula (Oliveira et al., 2016a)

O leitor interessado encontra excelentes descrições e discussões sobre a integração do EsM e IpC nos artigos de Araujo e Mazur (2013) e Oliveira et al. (2016a). O vídeo de Vagner Oliveira é altamente recomendável (<http://bit.ly/2Ql6dGJ>).

#### VIII.4. Aprendizagem Baseada em Problemas

A metodologia de aprendizagem baseada em problemas (PBL, na sigla em inglês) é mais antiga do que o próprio o ensino formal porque a aprendizagem a partir do enfrentamento de um problema remonta aos primórdios da civilização. Nasceu na Faculdade de Medicina da Universidade McMaster, Canadá, mas se expandiu para outras áreas do conhecimento e outros níveis de ensino superior. Recentemente, tem sido usado no ensino fundamental e médio. Uma definição geral é encontrada na Wikipedia ([bit.ly/2EHBmPK](http://bit.ly/2EHBmPK)):

A aprendizagem baseada em problemas é uma pedagogia centrada no aluno, em que os alunos aprendem sobre um assunto por meio da experiência de resolver um problema-aberto [ou mal estruturado] encontrado em material desencadeador. O processo PBL não se concentra na solução de problemas com uma solução definida, mas permite o desenvolvimento de outras

habilidades e atributos desejáveis. Isso inclui aquisição de conhecimento, colaboração e comunicação em grupo aprimoradas [...]. O processo permite que os alunos desenvolvam habilidades usadas para sua futura prática. Ele aprimora a avaliação crítica, a recuperação da literatura e estimula o aprendizado continuado em um ambiente de equipe.

A metodologia PBL possui muitas variantes e literatura sobre o assunto em português é encontrada (Bender, 2014; Munhoz, 2016; Ribeiro, 2010). A PBL, em suma, consiste em situações-problemas ou problemas pouco estruturados, visando a aprendizagem de conceitos, teorias e desenvolvimento de habilidades na solução destes dentro da sala de aula. A implementação da PBL pode seguir a proposta de Hadgraft Prpic (1999), cujos ingredientes básicos são:

1. Um problema é o foco da aprendizagem;
2. O problema deve ter a capacidade de integrar muitos conceitos e habilidades necessárias na sua solução;
3. Trabalho em equipe pode facilitar (ou complicar) o processo. Contudo, PBL pode ser usado individualmente em grau de pesquisa;
4. Um processo formal de resolução de problemas é exigido;
5. Estudo independente é exigido.

**Tabela 2:** Elementos essenciais de PBL de acordo com Hadgraft Prpic (1999), adaptado por Ribeiro (2010).

PASSO	PROBLEMA	INTEGRAÇÃO	TRABALHO EM EQUIPE	SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	APRENDIZAGEM AUTÔNOMA
1	Vários problemas por semana.	Nenhuma ou pouca integração de conceitos. Uma única habilidade ou idéia.	Trabalho individual.	Nenhum método formal de solução de problemas. Alunos concentram-se em como solucionar cada novo tipo de problema.	Professor fornece todo o conteúdo via aula, observações, páginas da Internet, tutoriais, referências a livros e periódicos. Alunos concentram-se em aprender o que lhes foi dado.
2	Um problema por semana.	Alguma integração de conceitos.	Alunos trabalham juntos em sala de aula (informalmente), mas produzem trabalhos individuais.	Método formal de solução de problemas, que é aplicado nas aulas.	Professor fornece grande parte do conteúdo, mas espera que os alunos investiguem alguns detalhes e/ou dados por si próprios.
3	Mais de um problema por semestre, cada um com duração de algumas semanas.	Integração significativa de conceitos e habilidades na solução do problema.	Trabalho em equipe, menos informal que a categoria anterior. Relatório em conjunto, porém sem avaliação por pares.	Método formal de solução de problemas, o qual é orientado por tutores em aulas tutoriais.	Professor fornece um livro-texto como base para sua disciplina, mas espera que os alunos utilizem esta e outras fontes, a seu critério.
4	Um problema por semestre.	Grande integração, talvez incluindo mais de uma área de conhecimento.	Trabalho em equipe formal, encontros externos entre as equipes, avaliação por pares, relatórios e apresentação de resultados em conjunto.	Método formal de solução (e aprendizagem) de problemas. Alunos aplicam este método, sozinhos a cada novo problema.	Professor fornece pouco ou nenhum material (talvez algumas referências). Alunos utilizam a biblioteca, a Internet e especialistas para chegarem à compreensão do problema.

A Tabela 2 é útil para caracterizar a experiência de PBL do professor levando em conta o formato da aplicação: curricular ou parcial. O primeiro deles foi originalmente pensado para ser em todo o currículo, enquanto o segundo se concentra em algumas partes do mesmo, em uma ou mais disciplinas isoladas. As especificidades da disciplina, do conteúdo a ser abordado, do nível de ensino, da escola e dos alunos devem ser observadas cuidadosamente (Ribeiro, 2010).

Além das referências no final deste artigo, há muita informação útil na Internet e na literatura educacional de muitos componentes curriculares, particularmente a disciplina médica (Veiga, 2015). Em Física, Oliveira et al. (2016) fizeram uma revisão exaustiva da literatura nas últimas duas décadas, oferecendo um panorama geral sobre a produção acadêmica relativa a problemas abertos no Ensino de Física. Um guia prático para implementação de PBL no Ensino de Física e Astronomia foi organizado por Raine Symons (2005).

### VIII.5. Três momentos pedagógicos (3MP)

A proposta original da metodologia 3MP apareceu no livro Física (Delizoicov Angotti, 1990), no âmbito do projeto Diretrizes Gerais para o Ensino do 2º Grau (MEC-PUC-SP, 1988). Hoje está amplamente incorporada em inúmeras propostas de Ensino de Física e de Ciências. Os 3MP são estruturados em termos da problematização inicial, da organização do conhecimento e da aplicação do conhecimento. Em mais detalhes:

**Primeiro Momento: a problematização inicial.** Nesse momento são apresentadas questões e/ou situações para discussão. Um momento em que os alunos são instigados a expor seus conhecimentos prévios sobre as questões e testar a validade deles, propiciando a busca de novos conhecimentos que possam contribuir para a solução da problematização inicial proposta. Essa busca relaciona o conteúdo a situações reais que os alunos vivenciam, mas não conseguem interpretar corretamente pela falta do conhecimento necessário. O papel do professor é o de se preocupar mais em questionar e lançar dúvidas sobre o assunto, que para responder e fornecer explicações e as questões devem estar necessariamente relacionadas com o conteúdo de Física do tópico ou unidade em estudo.

**Segundo Momento: a organização do conhecimento.** Momento em que o professor orienta os estudos para a aquisição dos conhecimentos necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial. O professor pode usar as metodologias ativas que julgue relevantes.

**Terceiro Momento: a aplicação do conhecimento.** Esse momento destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. (Delizoicov e Angotti, 1990).

A dinâmica da 3MP foi aprofundada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), enfatizando que a abordagem temática dos 3MPs é fundamentada numa perspectiva curricular cuja lógica de organização é estruturada com base em temas com os quais são selecionados os conteúdos de ensino das disciplinas. Nessa abordagem, a conceituação científica da programação é subordinada ao tema em contraposição ao paradigma curricular tradicional que se estrutura pelos conceitos científicos, com base nos quais se selecionam os conteúdos

de ensino.

Discussão detalhada sobre a origem da metodologia 3MP foi feita por Muenchen e Delizoicov (2014). Bonfim e Nascimento (2018) fizeram uma revisão da literatura da produção acadêmica sobre a metodologia 3MP.

## IX. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste texto, modelos de ensinagem, na forma do Ensino Híbrido, da Sala Invertida e de algumas metodologias de ensinagem ativas foram discutidas e foi enfatizado o uso de tecnologias digitais. O objetivo central é que essa discussão possa contribuir para o aprimoramento da prática docente. O professor deve se valer do pluralismo metodológico para escolher a metodologia que melhor se adapte ao estilo pessoal de ensinar dentro de seu contexto escolar. Ademais, o uso de métodos de ensinagem modernos, alguns nem tanto, não deve descartar a ênfase na escolha de temas relevantes do currículo de física.

Na atual conjuntura, em virtude da reformulação radical da organização curricular imposta pela Reforma do Ensino Médio de 2017, contemplada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC-EM), o papel do professor reveste-se de grande significado no desenvolvimento dos conhecimentos essenciais, competências, habilidades e aprendizagem dos alunos. Na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, em particular, a competência Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas, exigirá do professor novas abordagens metodológicas do ensino e escolha de conteúdo. Ainda, a participação desse profissional na discussão, elaboração e implementação da parte flexível do currículo, os Itinerários Formativos, é essencial para que o processo educativo seja completado. Nesse sentido, é praticamente impossível desenvolver as competências gerais, apontadas na BNCC-EM, sem o uso de metodologias de ensinagem ativas.

## AGRADECIMENTOS

O autor é grato a vários colegas e alunos que contribuíram com comentários e sugestões ao longo das palestras e aulas, em especial, à Débora Coimbra e Ricardo Karam, que compartilharam cursos de formação. Agradecimentos ao CNPq e à Capes pelo apoio financeiro por meio de bolsas de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARANTES, A.R.; MIRANDA, M.S.; STUDART, N. (2010). Objetos de aprendizagem no ensino de Física: usando simulações do PhET. *A Física na Escola*, 11 (1), 27-31.

ARAUJO, I. S.; MAZUR, E. (2013). Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: Uma proposta para engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30 (2), 362-284.

BACICH, L.; TANZI-NETO, A.; TREVISANI, F.M. (orgs.). (2016). *Ensino Híbrido: personalização e tecnologia na educação*. Penso.

BEICHNER, R.B. (2014). History and Evolution of Active Learning Spaces. *New directions for teaching and learning* 137, 9-16.

BENDER, W.N. (2014). *Aprendizagem baseada em projetos*, Penso.

BERGMANN, J.; SAMS. A. (2016). *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*. LTC.

BONFIM, D.D.S; NASCIMENTO, W.J. (2018). Os três momentos pedagógicos no ensino de física: uma revisão sistemática de literatura. *Ensino Pesquisa*, União da Vitória, v.16, n.3, p. 139-155.

BONWELL, C.C; EISON, J.A. (1991). Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. ASHE-ERIC *Higher Education Report* N. 1. Disponível em <http://bit.ly/2k6i5Aw>.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A. (1990) *Física*. Cortez. Disponível na versão original em [bit.ly/2JPAwEL](http://bit.ly/2JPAwEL).

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A.; PERNAMBUCO. M.M. (2002). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. Cortez.

FEYNMAN. R.P; R.B. LEIGHTON; M. SAND. (2008). *Lições de Física de Feynman*. Bokman.

Finkelstein, N.D; Adams, W.K; Keller, C.J; Kohl, P.B.; Perkins, K.K.; Podolefsky. N.S.; Reid, S.; lemaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topic - Physics Education Research*, 1, 010103.

Freeman, S.; Eddy, S.L.; mcdonough, M.; Smith, M.K.; Okoroafor, N.; Jordt, H.; and Wenderoth, M.P. (2014). *PNAS*, 111 (23) 8410-8415. Disponível em <http://bit.ly/2lN7quX>.

HADGRAFT, R.G.; PRPIC, J.K. (1999). *The key dimensions of problem-based learning*. Proc. 11th Aust. Conf. on Engineering Educ., pp. 127 132.

HENDERSON, C.; DANCY, M.H. (2009). Impact of physics education research on the teaching of introductory quantitative physics in the United States. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.* 5, 020107.

HONEY M. A.; HILTON, M. (orgs). (2011). *Learning Science Through Computer Games and Simulations*. Committee on Science Learning: Computer Games, Simulations, and Education;

National Research Council. Disponível em <https://bit.ly/2VXk0Jx>.

HORN, M.B.; STAKER, H. (2015). *Blended: Usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação*. Prefácio de Clayton M. Christensen. Penso.

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

LAES, P., D. SOKOLOFF, and R. THORNTON, Promoting Active Learning Using the Results of Physics Education Research, *UniServe Science News*, Vol. 13, 14-19, July (1999).

MAZUR, E. (2009). Farewel Lecture? *Science* 323, 50.

MAZUR, E. (2015). *Peer Instruction: A Revolução da Aprendizagem Ativa*. Penso.

MELTZER, D.E; THORTON, R.K. (2012). Resource Letter ALIP1: Active-Learning Instruction in Physics David E. Meltzer. *Am. J. Phys.* 80 (6), 478-496. Disponível em <https://bit.ly/2M0PKca>

MICHAEL, J; MODEL, H.I. (2003). *Active learning in secondary and college science classrooms: a working model for helping the learner to learn*. Routledge.

MICHAEL, J. (2007). Faculty perceptions about barriers to active learning. *College Teaching*, 55(2), 42-47.

MILLIKAN, R.A.; GALE, H.G. (1906). *The first course on Physics*. Ginn Company. Disponível em <https://bit.ly/2EqQ3Xl>.

MIRANDA, M.S. (2013). *Objetos virtuais de aprendizagem aplicados ao ensino de física: uma sequência didática desenvolvida e implementada nos conteúdos programáticos de física ondulatória, em turmas regulares do nível médio de escolarização que utilizam um sistema apostilado*. Dissertação de Mestrado. PPGECE. UFSCar. Disponível em <http://bit.ly/2kAPd3H>.

MOREIRA, M.A. (2018). Ensino de Física no Século XXI: desafios e equívocos. *Revista do Professor de Física*, 2 (2):80-94.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro Física. *Ciênc. Educ.*, v. 20, n. 3, p. 617-638 (2014).

MÜLLER, M.G; ARAUJO, I.S; VEIT, E.A; SCHELL, J. (2017). Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino *Peer Instruction* (1991 a 2015). *Revista Brasileira de Ensino de Física* 39 (3) e3403.

MUNHOZ, A.S. *Aprendizagem baseada em problemas: Ferramenta de apoio ao docente no processo*

*de ensino e aprendizagem*, Cengage (2016).

NOVAK, G.M; PATTERSON, E.T; GAVRIN, A.D; and W. CHRISTIAN, W. (1999). *Just-in-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology*, Prentice Hall.

OLIVEIRA, T. E.; ARAUJO, I.S.; VEIT, E. A. (2016a). Sala de aula invertida (*flipped classroom*): Inovando as aulas de Física. *Física na Escola*, 14 (2) 4-13.

OLIVEIRA, T.E; ARAUJO; I.S; VEIT, E.A. (2016b). Aprendizagem Baseada em Equipes (Team-Based Learning): um método ativo para o Ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33, n. 3, 962-986.

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I.S.; VEIT, E.A. (2017). Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39 (3) e3402.

ORTIZ, J.; STUDART, N. (2018). *O campo elétrico e o fenômeno do raio (portuguese edition)*. Kindle Edition.

PARK, E. L.; CHOI, B. K. (2014). Transformation of classroom spaces: traditional versus active learning classroom in colleges. *Higher Education*. 68 (5) 749-771.

RAINE, D.; SYMONS, S. (eds.). (2005). *PossibiLities: a Practice guide to Problem-based Learning in Physics and Astronomy*. The Higher Education Academy Physical Sciences Centre. Disponível em [bit.ly/2eLqXVS](http://bit.ly/2eLqXVS).

RIBEIRO, L.R.C. (2010). *Aprendizagem baseada em Problemas: Uma experiência no ensino superior*, EdUFSCar.

RUTTEN N.; VAN JOOLINGEN, W R.; VAN DER VEEN, JAN T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers Education* 58, 136153.

SCHMITZ, E. X. S. (2017). *Sala de aula invertida: uma abordagem para combinar metodologias ativas e engajar alunos no processo de ensino-aprendizagem*. Disponibilidade: Video em <https://bit.ly/2K09fz1> e dissertação em [goo.gl/1FCvAd](http://goo.gl/1FCvAd).

SIMKINS S.; MAIER, M. (2010). *Just in Time Teaching: Across the Disciplines, and Across the Academy*. Stylus.

SMART, K.L; CSAPO, N. (2007). Learning by doing: engaging students through learner-centered activities. *Business Communication Quarterly* 70, 451.

STUDART, N. (2018). Professor Ricardo Feynman: contribuições ao ensino de física. *A Física na Escola*, 16 (2), 10.

STUDART, N. (2016). Simulações, Games e Gamificação no Ensino de Física. In: *Enfrentamentos do Ensino de Física na Sociedade Contemporânea*.

N. M.D. GARCIA, M. A. AUTH e E.K. TAKAHASHI (orgs.) SBF - Editora Livraria da Física, pp. 693-712 Versão online: <http://bit.ly/2LU0cR7>.

VALENTE, J. A. (2014). *Blended learning* e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. *Educar em Revista*, Curitiba, n. 4, p. 79-97.

VEIGA, I.P.A. (org.) (2015). *Formação médica e a aprendizagem baseada em Problemas*, Papirus.

WATKINS, J; MAZUR, E. (2010). Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In: Simkins S.; Maier, M. *Just in Time Teaching: Across the Disciplines, and Across the Academy*, Stylus). Cap. 6 pp. 39-62.

WIEMAN, C. (2012). Applying New Research to Improve Science Education. *Issues in Science and Technology* 29, no. 1 (Fall).

WIEMAN, C.E; PERKINS, K.K; ADAMS, W.K. (2007). Oersted Medal Lecture 2007: Interactive simulations for teaching physics: What works, what doesn't, and why. *Am. J. Phys.* 393-399.

WIEMAN, C.E. (2014). Large-scale comparison of science teaching methods sends clear message. *PNAS*. 111 (23) | 83198320.

---