

ENSINO DE FÍSICA NO SÉCULO XXI: DESAFIOS E EQUÍVOCOS*

MARCO ANTONIO MOREIRA[†]

Instituto de Física – UFRGS, Caixa Postal 15051
Campus do Vale 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil

Resumo

A intenção dessa apresentação é chamar a atenção de professores de Física, pesquisadores em ensino de Física e físicos para desafios e equívocos no ensino de Física, no século XXI. O conhecimento físico é relevante para a cidadania. A Física está na base da maioria das tecnologias contemporâneas. No entanto, o ensino de Física, nos dias de hoje, baseia-se fundamentalmente em metodologias tradicionais centradas no professor, aborda conteúdos do século XIX e foca-se, principalmente, na preparação de estudantes para as provas. O resultado, bastante conhecido, é que os estudantes não gostam de Física, cursando-a apenas quando são obrigados e, então, seu objetivo resume-se a passar nos exames. Está mais do que na hora de repensar esse modo de ensino de Física.

Palavras-chave: ensino de Física; ensino para testagem; aprendizagem mecânica; aprendizagem significativa; desafios e equívocos.

*Conferência Plenária apresentada na *International GIREP- ICPE- EPEC Conference*, Dublin, Irlanda, 3 a 7 de julho de 2017 e na *I Escola Internacional de Ensino de Física*, Brasília, Brasil, 7 a 10 de agosto de 2017 (tradução por Marli Merker Moreira).

[†]E-mail: moreira@if.ufrgs.br, web: <http://moreira.if.ufrgs.br>

Abstract

The purpose of this presentation is to call the attention of physics teachers, researchers in physics teaching as well as physicists to the challenges and mistakes of physics education in the 21st century. Knowledge of physics is relevant for citizenship. Physics is at the basis of most contemporary technologies. However, the teaching of physics nowadays is based on traditional methods centered in the teacher, approaching 19th century contents, and mainly focused on preparing students for testing. The well-known result is that high school and college students do not like physics, take it only when it is required and just want to pass the exams. It is high time to review this mode of physics education.

Keywords: physics teaching; teaching for testing; rote learning; meaningful learning; challenges and mistakes.

1 INTRODUÇÃO: CITAÇÕES RECENTES¹ SOBRE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (FÍSICA)

Charles Mann, físico da Universidade de Chicago, escreveu em 1906, na revista *School Science and Mathematics*: Quando a ciência foi introduzida nas escolas, seu ensino ocorreu naturalmente (...) dogmática e dedutivamente. Entretanto, cabe-nos agora dar-nos conta de que a ciência é nosso processo de interpretar fenômenos físicos (...) assim que, para jovens tornarem-se proficientes em ciência, devem receber ensino que os conduza a como interpretá-la sozinhos. Devem desenvolver o hábito de realizar interpretações adequadas de fenômenos - um hábito que se adquire apenas através de estudo científico (OTERO; MELTZER, 2017).

1.1 Uns duzentos anos após a Física começar a ser ensinada em escolas secundárias

A perspectiva de Mann reproduz a daqueles inúmeros físicos que vieram antes e depois dele. Muito embora, atualmente, cerca de duzentos anos após a Física, conhecida naqueles tempos como Filosofia Natural, começar a ser ensinada em escolas secundárias, tal perspectiva ainda não foi completamente alcançada. Uma das maiores barreiras para isso acontecer tem sido a falta de professores de Física adequadamente preparados (ibid.).

¹Traduções livres do autor.

1.2 Educação em Ciências (Física) no século XXI

Infelizmente, na sala de aula, muitas vezes ensinamos sem levar em conta que criatividade seja importante, isto é, como se a ciência tratasse unicamente de problemas bem estruturados, para os quais existem respostas conhecidas e apenas um modo de encontrar a tal resposta “correta”. Não apenas se deixa de prestar qualquer atenção à criatividade como, também, salvo algumas exceções, há pouco ensino de qualquer habilidade cognitiva em nível superior (DEHANN, 2011).

1.3 Educação em Física no século XXI

Educação em Física é a entrada para a competência em tecnologia, química, medicina, engenharia, ciência ambiental e, até, administração e economia. No entanto, a percepção pública dominante é a de que Física seja entediante, abstrata e fundamentalmente irrelevante. Muitos estudantes universitários percebem essa disciplina como sendo difícil ou desagradável; por isso, optam por não seguir graduação em Física (ENBANG, 2016).

1.4 Educação em Ciências (Física) no século XXI

“... para a maioria das pessoas, com suas experiências de vida e séculos de tradição, a melhor maneira de ensinar possui resposta óbvia: professores e livros de texto deveriam apresentar o conteúdo a ser aprendido; os alunos necessitariam estudar e praticar o que já haviam estudado até dominarem tal conteúdo; e testes deveriam ocorrer em intervalos estratégicos de tempo para aferir quão bem teriam se saído os alunos” (EDITORIAL, 2015).

Ainda assim, décadas de pesquisa sobre a ciência da aprendizagem mostraram que nenhuma dessas técnicas mostrou-se particularmente eficaz. Nos cursos de ciências em nível universitário, por exemplo, alunos podem até ter notas boas apenas por terem ouvido, atentamente, as palestras de seu professor e, depois, estudado intensivamente para os exames. Todavia, o conhecimento resultante dessa prática tende a esmaecer rapidamente e a não expor as concepções alternativas que os alunos trazem consigo (ibid.).

“... tenho defendido, sempre, que ‘menos é mais’ na educação em ciências e que aprender a pensar como pensa um cientista, com ênfase no uso de evidências e lógica para tomada de decisões, deve tornar-se a meta central de todos os educadores em ciências. Além disso, tenho ressaltado que, devido ao fato de que cursos introdutórios de ciências ensinados em universidades definem o que é entendido como ‘educação em ciências’, o corpo docente de universidades constitui o fator limitante para a melhoria da ‘educação em ciências’, nos níveis mais inferiores de escolaridade” (ALBERT, 2017).

1.5 Ensino de Física em Cursos de Graduação no século XXI

Os cursos básicos de meus primeiros dois anos de graduação foram decepcionantes. Grande parte das aulas seguiam abordagens de ensino tradicional, baseadas fortemente em resolução de problemas-padrão e em aprendizagem mecânica. Não havia sequer qualquer menção à livre investigação ou ao debate. Os professores pareciam convencidos de que, através dessa metodologia, entenderíamos Física.

Meus colegas e eu investimos muito tempo e esforço em resolver problemas do tipo livro de texto. No entanto, dessa forma, não conseguíamos, realmente, entender Física. Na prática, estávamos sendo treinados para usar técnicas de solução de problemas (HERAS, 2017).

1.6 Ensino em Cursos de Graduação

A maneira de ensinar ciências na graduação, na maioria das universidades norte-americanas voltadas à pesquisa, é pior do que deficiente, é não-científica. Há uma indústria voltada para medir quão importante é minha pesquisa, quanto aos fatores de impacto e assim por diante. Não obstante, não se coletam dados sobre como eu ensino. Isso não recebe atenção alguma. (WIEMAN, 2013). Carl Wieman é um ganhador do Prêmio Nobel em Física que se tornou educador em ciências.

2 ENSINO, TESTAGEM, AVALIAÇÃO: EQUÍVOCOS

2.1 Ensino para testagem

Ensinar para testagem não é educar, é treinar. *Ensinar Física para testagem não é educação em Física.* Ensina-se Física como se essa fosse um vasto conjunto de fórmulas e respostas corretas. Cada problema está ligado a uma fórmula e, para cada pergunta, existe a resposta correta. *Isso não é Física.*

Significados, compreensão, pensar cientificamente, modelagem e criticalidade não seriam necessários. Ao invés, aprendizagem mecânica (decoreba) de soluções de problemas com suas respostas corretas e prontas são estimulados nessa abordagem comportamentalista.

Conquanto o discurso seja diverso, até mesmo atraente, tal modo de ensino não conduz à aquisição de conhecimento. Resume-se apenas em memorizar para passar nos testes. Terminados testes e exames, conteúdos esmaecem na estrutura cognitiva dos alunos. Infelizmente, isso integra a cultura que pode resumir-se na expressão ‘conteúdos passados, conteúdos esquecidos’.

Ensino para testagem é puro behaviorismo: para um determinado estímulo (um problema ou pergunta) o aluno deve apresentar a solução certa (usando a fórmula correta) ou a resposta certa (há sempre uma).

2.2 Ensino como narrativa

O modelo padrão de ensino, aceito sem maiores questionamentos por professores, alunos, pais e sociedade, em geral, é aquele em que *o professor, basicamente, ensina através de sua narrativa e fala aos alunos os conhecimentos que, supostamente, devem obter através de sua narrativa.* FINKEL (1999) descreve tal maneira de ensino com o dito Ensinar como narrar, cujo contraponto é *Ensinar com a boca fechada* (op.cit., p.9), expressão que utiliza para problematizar nossos não comprovados pressupostos sobre o que venha a constituir um bom ensino.

Conforme tal modelo, muitas vezes fundamentado em um livro de texto, o professor escreve, uma maneira de narrar, no quadro de giz (quadro branco, *slides*, *Power Point*) o que os alunos devem copiar em seus cadernos (computadores), estudar (memorizar mecanicamente) e, depois, reproduzir em situações de avaliação.

Algumas vezes, ele/ela reprisa, no quadro de giz, textos que já estão nos livros dos alunos enquanto esses, ainda assim, copiam tudo para não esquecer tais conteúdos, ao estudar, mais tarde, geralmente às vésperas dos testes ou exames.

2.3 Bons professores

Muitos professores, obviamente, não se limitam a reproduzir, no quadro de giz, os conteúdos do livro de texto: apresentam diagramas, resumos, exemplos, explicações e demonstrações. Dessa forma, de acordo com tal modelo de ensino, tais professores estariam desenvolvendo um bom trabalho como professores. Entretanto, alunos ainda copiam tudo que conseguem para estudar melhor e estar bem preparados para uma avaliação.

Outros, considerados bons professores, alguns até excelentes, encantam e cativam seus alunos com atraentes palestras e explicações claras e minuciosas de determinados tópicos da matéria de estudo. Os alunos saem da sala de aula com a sensação boa de terem compreendido o que o professor tão magnificamente explicara e, quem sabe, alcancem bons resultados na situação do teste. Todavia, se o teste apresentar aplicações a contextos novos da matéria que o professor abordou em aula, os resultados poderão deixar muito a desejar. Nesse caso, em geral, alunos queixam-se de que aquele conteúdo não foi “dado” em aula.

2.4 O modelo da narrativa

No modelo tradicional de ensino, sem levar em conta se o professor escreve no quadro, explica a matéria oralmente ou utiliza *Power Point*, ele/ela está *narrando*. FINKEL (1999, p.2) propõe o conceito de aula como um evento narrativo: *Nosso ensino natural e irrefletido é Narrativo (em maiúsculas para sugerir uma atividade arquetípica.) O ato fundamental de ensinar é o de, cuidadosa e claramente, narrar aos alunos algo do qual não tinham conhecimento antes. O conhecimento é transmitido, imaginamos, através desse ato de narrar.*

2.5 Um modelo inadequado

Finkel afirma que o modelo da narrativa parece natural a todos, isto é, a alunos, professores, diretores e até aos que não possuem filhos na escola, ou aos que nem tenham qualquer vínculo com escolas, e, por isso, esse modelo não é questionado. *Entretanto, tal modelo supõe transmitir informações da cabeça do professor ao caderno do aluno para que possa, assim, transferi-las das páginas do caderno para sua cabeça a fim de passar nos exames, o que constitui meta educacional inapropriada (op.cit.,p.3).*

Esse modelo foi desenvolvido para aprendizagem de informações específicas para memória de curto prazo. Após algum tempo, pouco permanece desse tipo de aprendizagem. Ao contrário, a educação deve buscar tipos relevantes de aprendizagem de longo prazo que poderiam modificar, para sempre, nossa compreensão de mundo através de sua ampliação, aprofundamento e aguçamento (op.cit, p.37). *Poderíamos acrescentar a esses objetivos a crítica, quer dizer, uma consciência crítica de mundo (Moreira, 2005).*

Narrar, conforme esse autor, constitui um meio ineficiente de motivar a compreensão (ibid.), apesar de estar em primeiro lugar na lista daquilo que os professores fazem em suas salas de aula. Para Finkel, um bom ensino cria circunstâncias que podem levar a uma aprendizagem significativa e duradoura. Em educação, *o protagonismo está na aprendizagem, e não no ensino. Aprender é o principal objetivo, ao passo que ensinar constitui um meio para atingir essa meta* FINKEL (1999, p.43).

2.6 Ensinar com a boca fechada

Atualmente, fala-se muito (outra vez!) sobre *ensino centrado no aluno, professor como mediador e aprender a aprender*. Se concordamos com essas diretivas, aceitamos, com certeza, a ideia de Finkel que narrar não é a melhor maneira de ensinar e, portanto, devemos reconsiderar nosso modelo de “bom professor”. Seguindo essa linha de pensamento, Finkel propõe a metáfora de *Ensinar com a boca fechada* (op.cit., p.45), que esse autor utiliza para trazer controvérsias aos desgastados pressupostos tradicionais do que possa significar um bom ensino.

2.7 Por que não o descartamos?

Se ensinar significa facilitar a aprendizagem e se o modelo da narrativa não tem sido eficiente para alcançar tal objetivo, por que não o descartamos? Necessitamos apenas pensar sobre o que restou de todas as informações que recebemos na escola para concluirmos que o modelo da narrativa é deficiente. Algumas das disciplinas que cursamos parece que nunca existiram. Nada sobrou delas. Outras, como a Física, parecem levar as pessoas a dizer que nada aprenderam com elas. Por que, então, não calar a boca e deixar que os alunos falem?

2.8 Aprendizagem mecânica

Ponderando sobre o fato de que os alunos estudam e memorizam as palavras do professor, oferecem respostas corretas em testes e exames e, além disso, passam nas avaliações, por que esquecem com tanta rapidez conhecimentos adquiridos recentemente? Por que ocorre que, após passarem em exames altamente seletivos para ingresso em uma universidade, chegam às disciplinas introdutórias de Física e Cálculo, por exemplo, como se nunca tivessem ouvido falar sobre os conhecimentos prévios necessários para aprendê-las? Ingressam nessas disciplinas como se nada soubessem. A resposta parece bem simples: sua aprendizagem foi, basicamente, mecânica ou por pura memorização.

Aprendizagem mecânica (AUSUBEL, 2000; MOREIRA, 2006; MASINI; MOREIRA, 2008; VALADARES; MOREIRA, 2009) é aquela em que uma nova informação é internalizada de forma literal, sem qualquer interação cognitiva com conhecimentos prévios e sem incorporação à estrutura cognitiva. Constitui simples memorização, sem processo de compreensão. Nesse tipo de aprendizagem, conhecimentos podem ser reproduzidos literalmente e, então, aplicados ao que o aluno já estudou e a situações conhecidas. Pode ser útil na memorização de informações específicas a serem repetidas a curto prazo, como no contexto de avaliações escolares. Todavia, tais informações, quando não muito utilizadas, são rapidamente esquecidas.

2.9 Aprendizagem significativa

Ao contrário da aprendizagem mecânica, ou simples memorização, aprendizagem significativa define-se como aquela em que ocorre uma interação cognitiva entre os novos conhecimentos e conhecimentos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno. O novo conhecimento é internalizado de maneira substantiva e não-arbitrária. Maneira substantiva quer dizer que não acontece literalmente. Não-arbitrária indica que o novo conhecimento ganha significado não porque interage arbitrariamente com qualquer conhecimento já existente, mas porque há interação com um conhecimento particularmente específico. Aprendizagem significativa é aprendizagem com significado, compreensão, transferência de conhecimentos e capacidade de aplicação a novas situações.

2.10 Um *continuum*

Se, entretanto, há um *continuum* entre aprendizagem mecânica e significativa, não seria possível ao aluno aprender, inicialmente, de um jeito um tanto quanto mecânico para, depois, começar progressivamente a atribuir significados ao novo conhecimento para, finalmente, incorporá-lo, gradualmente, a sua estrutura cognitiva até atingir uma aprendizagem significativa? Algo assim pode acontecer realmente, porém, poucas vezes ocorre. Aprendizagem significativa é progressiva, embora isso não queira dizer que deva iniciar mecanicamente. Também não implica que essa progressividade ocorra naturalmente.

2.11 Comportamentalismo

O problema, contudo, é que o modelo da narrativa está associado à avaliação comportamentalista que permeia as escolas. Em referência à organização do ensino, o comportamentalismo, que dominava o contexto escolar na época da tecnologia educacional, foi descartado, pelo menos em nível de discurso, em favor do construtivismo. Em abordagem comportamentalista, o professor define, clara e precisamente, seus objetivos educacionais, isto é, os comportamentos que o aluno deve ser capaz de exibir após ser exposto ao ensino, bem como as ações e coisas específicas que deverá saber fazer ou dizer.

Quando os comportamentos desejados ocorrem, o alunos recebem aprovação na unidade de estudo abordada, recebem reforço positivo e passam para novo estágio de modelagem ao final do qual deverão apresentar outros comportamentos e atitudes previamente definidos. Não obstante, o fato de o aluno cumprir tais objetivos e demonstrá-los em atitudes e comportamentos não quer dizer que haja ocorrido compreensão e atribuição de significados aos conteúdos estudados em aula. Os alunos, talvez, apresentem esses objetivos planejados e desejados sem entender o sentido daquilo que estudaram. Podem, inclusive, ser capazes de aplicar o novo conhecimento apenas a situações com as quais já possuam familiaridade, isto é, repetem as aplicações que o professor já explicou em aula ou que os materiais instrucionais descrevem.

2.12 Avaliação comportamentalista

Essa descrição da avaliação comportamentalista não está exagerada. Skinner, certamente, propôs algo um pouco diferente; porém, na prática educativa, sua abordagem leva firmemente à aprendizagem mecânica. Como foi dito anteriormente, escolas que favoreceram metodologias e teorias construtivistas

descartaram a abordagem comportamentalista. Pode-se, no entanto, dizer, para ficar mais perto da realidade, que a rejeição a essa abordagem comportamentalista ocorreu somente no discurso, uma vez que, na prática, predomina o modelo narrativo que se assemelha bastante ao do comportamentalismo, especialmente em seus padrões de avaliação: certo ou errado; sim ou não; aluno sabe ou não sabe; o aprendiz apresenta, ou não, determinado comportamento; tudo ou nada. Avaliação, nesse caso, é apenas um modo dicotômico de medir que desconsidera a progressividade da aprendizagem construtivista.

Até mesmo quando professores e metodologias são construtivistas, procedimentos de avaliação, em geral, acabam possuindo um viés comportamentalista: alunos, pais, diretores, advogados querem que os professores tenham registros escritos de seus objetivos, isto é, provas, que mostrem se o aluno “sabe” ou “não sabe” um determinado conteúdo.

2.13 Ensino centrado no aluno

Ensino centrado no aluno é aquele em que o professor trabalha como mediador e no qual os alunos são os que se expressam, enquanto o professor fala apenas quando for necessário. Deixar que os alunos narrem implica o uso de estratégias que favoreçam interação, discussão, negociação de significados entre colegas, apresentação oral do produto de suas atividades colaborativas ao grande grupo, receptividade à crítica, expressão de suas ideias e sugestões relacionadas às atividades de seus pares.

3 ENSINO, APRENDIZAGEM, AVALIAÇÃO: DESAFIOS

O aluno deve ser ativo, ao invés de passivo. Deve aprender a interpretar e negociar significados. Alunos devem aprender a serem críticos, bem como a receber respostas críticas a seus trabalhos. Quando alunos recebem a-criticamente a narrativa do “bom professor”, estão longe de alcançarem uma aprendizagem significativa crítica, ou a aprender significativamente. Tal passividade não guia os alunos a aprender a aprender.

3.1 Essas ideias não são novas

Carl Rogers propôs tais ideias em seu famoso livro *Freedom to learn*, em 1969, e, no mesmo ano, Postman e Weingartner lançaram *Teaching as a subversive activity*. No entanto, nas escolas, professores seguem narrando para que seus alunos saibam o que devem saber e o que precisam reproduzir em situações de testes: não interessa se os instrumentos de avaliação sejam aplicados para passar nos exames finais, ingressar no próximo ano, ou entrar na universidade. E todos (alunos, professores, pais) pensam que esse é o padrão comum nas escolas, sem, ao menos, questionar quanto os alunos aprendem, ou se aprendem de modo significativo e crítico, ou se aprendem para sua cidadania e sua própria vida.

3.2 Renunciando ao modelo da narrativa

Renunciar ao modelo da narrativa implica uma busca por maneiras de ensinar nas quais, metaforicamente, professores falem menos e alunos falem mais e participem criticamente de sua própria aprendizagem

. O modelo narrativo (ou de leitura, se traduzirmos o termo *lecture* como era usado ao final da Idade Média, ou como é usado nos dias de hoje, em inglês, para designar aulas expositivas) constitui uma metodologia de séculos passados: não nos faz sentir que vivemos no século XXI.

Uma aula, portanto, é nem o tempo nem o lugar para depositar, conforme sustenta Freire (FREIRE, 1987, 1996), conhecimentos na cabeça do aluno, como se lidássemos com uma conta bancária; e nem situações de avaliação são instrumentos para verificar quanto foi depositado e qual a situação de tais depósitos. Por mais relevantes que sejam tais conhecimentos, o aluno precisa, por si só, perceber essa importância e, além disso, necessita demonstrar sua intenção de aprender. Seres humanos aprendem significativamente quando possuem conhecimento prévio e querem aprender.

3.3 Intencionalidade do aluno

Sabemos, há muito tempo, que os alunos são os que devem decidir se desejam, ou não, aprender significativamente. Por que, então, insistimos com uma aprendizagem centrada no professor e tão afastada dos alunos? Por que depositamos, ou despejamos, sobre os alunos conhecimentos, se nós mesmos, professores, queremos que os alunos aprendam? É engano pensar que isso possa funcionar. Ou, ainda pior, essa aprendizagem centrada no professor pode, até mesmo, expressar uma vontade de que, realmente, aprendizagem significativa não ocorra.

3.4 Ensino centrado no aluno

O ensino centrado no aluno, conforme já mencionado antes, não deve, ou não deveria, receber a interpretação de ser um modo de ensinar no qual o aluno tem total liberdade de aprender apenas aquilo que escolhe aprender. Ensino, currículo, aprendizagem e contexto são os lugares-comuns da educação (SCHWAB, 1973). Um evento educativo sempre envolve um professor (ensino), um determinado conhecimento (currículo), alguns alunos (aprendizagem) e ocorre em um ambiente social (contexto). Quer dizer, há sempre um currículo, entendido aqui como resultados esperados da aprendizagem (MAURITZ-JOHNSON, 1967). Todavia, esse currículo não pode ser definido como uma série de conteúdos predefinidos que devem ser narrados aos alunos ou depositados dentro de suas cabeças. Alunos precisam receber opções e tratar desses conteúdos em situações que lhes façam sentido e lhes sejam significativas. Cabe aos alunos decidir se desejam aprender algum conteúdo significativamente.

3.5 Competências

Atualmente, muito se fala sobre ensino e currículo por competências. Os primeiros significados do conceito de competência estavam ligados ao mundo do trabalho a habilidades práticas. Com o advento do comportamentalismo, competências na escola associaram-se a objetivos comportamentalistas e, na época da tecnologia educacional, passaram a constituir um dos mais importantes papéis do professor. Era crucial definir, claramente, o que os alunos deveriam ser capazes de fazer, levando em conta um conjunto de condições, ao final de uma determinada unidade didática. Significados ficaram fora de tal cenário, pois as escolas esperavam apenas que alunos exibissem comportamentos previamente estabelecidos.

Argumenta-se que, hoje em dia, o termo competência tenha outros significados. Entretanto, competências, geralmente, ainda refletem a abordagem comportamentalista à educação. Apesar dessa discussão sobre o significado de competência, quais delas estariam associadas ao verdadeiro ensino de Física, isso é, à Física, no século XXI, que não se restrinjam a fórmulas e respostas corretas?

Tais competências seriam as científicas como, por exemplo, modelagem científica, argumentação baseada em evidências e comunicação de resultados. Competências que poderiam ser desenvolvidas em laboratórios virtuais, porque promoveriam nos alunos motivação para modificar características de modelos físicos, desenvolver modelos computacionais e realizar experimentos sobre fenômenos que não permitem observação direta.

Desenvolvimento de competências científicas não deve ficar restrito a preencher o cérebro com conhecimentos, mas a desenvolver o cérebro (WIEMAN, 2013).

3.6 Conceitos

Os seres humanos vivem num mundo de conceitos que estão na base da compreensão humana e na verdadeira essência do desenvolvimento cognitivo. As disciplinas possuem conceitos estruturantes sem os quais deixariam de existir. Paradoxalmente, no ensino de Física, conceitos são subestimados, uma vez que o enfoque desse ensino está em fórmulas, definições, princípios e leis. No entanto, esses não possuirão sentido se não forem ligados a conceitos. Conceitos estruturantes são muito mais relevantes do que qualquer fórmula. É totalmente insensato decorar uma fórmula sem a compreensão dos conceitos nela envolvidos.

3.7 Situações

Situações dão significado a conceitos e a conceitualização está no âmago do desenvolvimento cognitivo (VERGNAUD, 1990). As primeiras situações devem integrar o contexto do aluno. Novas situações devem ser introduzidas em nível crescente de complexidade.

Está errado começar a ensinar sem usar situações que tenham sentido para os alunos. Tal falha é bastante comum no ensino de Física.

Como esperar a ocorrência de aprendizagem significativa com intencionalidade e disposição para aprender, quando as situações apresentadas não têm sentido para os alunos? Aprendizagem mecânica e aversão à Física são os resultados previstos para tal tipo de ensino.

3.8 Modelos

Modelos, como os conceitos, encontram-se no cerne da Física. O Universo é complexo, porém a Física desenvolve modelos responsáveis por aproximações que nos permitem lidar, pelo menos parcialmente, com essa complexidade. Física não é ciência exata: é aproximada porque seus modelos constroem recortes; controlam variáveis; fazem suposições. No entanto, afirmar que a Física é uma ciência aproximada por se basear em modelos não diminui seu status. Ao contrário, a Física e seus modelos estão na base da tecnologia.

Retomemos o ensino de Física: outro erro, ou paradoxo, acontece pois ignoram-se modelos e modelagem. Ensinam-se modelos e teorias científicas como se fossem verdades, descobertas geniais e produtos definidos e terminados.

Modelos e modelagem devem, naturalmente, integrar o ensino de Física. É muito mais importante aprender como modelar fisicamente do que decorar fórmulas e aplicá-las a situações familiares.

3.9 Conhecimento prévio

A ocorrência da aprendizagem significativa depende da interação entre o novo conhecimento e um conhecimento prévio que seja especificamente relevante. Nessa interação, o novo conhecimento ganha significados e o conhecimento prévio torna-se mais estável, diferenciado, mais rico em significados e mais capaz de prover ancoragem à significação de outros conhecimentos. É um processo cognitivo dinâmico e progressivo que pode ser demorado e apresentar rupturas e continuidades.

Não faz sentido começar um determinado conteúdo de Física sem fazer ideia daquilo que os alunos já sabem. Certas atividades exploratórias, como mapas mentais, discussões e, mesmo, um pré-teste, precisam ser realizadas como uma espécie de diagnóstico. Baseando-se nisso, o professor poderá decidir o que fazer para levar em conta, pelo menos minimamente, o conhecimento prévio de seus alunos e, dessa maneira, facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa.

3.10 Aprender a aprender

Como mencionado anteriormente, aprender a aprender integra o discurso educacional contemporâneo. Ao falarmos em educação, hoje, independentemente do nível de escolaridade em foco, é ponto comum afirmar que no mundo contemporâneo o que, verdadeiramente, importa é aprender a aprender.

Considerando o que já disse a respeito disso Carl Rogers (ROGERS, 1969), o que há de genuinamente novo na prática educacional? Muito provavelmente, nada! Todavia, tão perfeito quanto o discurso possa parecer, escolas permanecem demonstrando preferência pelo comportamentalismo e pelo modelo da narrativa. Professores seguem a narrar os conhecimentos que os alunos devem, mais tarde, reproduzir em exames e testes, tanto internacionais como locais, cujos conteúdos serão esquecidos pouco tempo depois. *Essa modalidade de escola não educa: treina, apenas.* Há muita conversa sobre competências, porém, em muitos casos, constituem, unicamente, um rótulo diferente para os mesmos objetivos comportamentalistas, dos tempos idos da tecnologia educacional, escondidos, apenas, por um novo invólucro léxico.

3.11 Aprender a aprender criticamente

Façamos de conta que a escola tenha por objetivo promover o aprender a aprender, ou que, no mínimo, suas iniciativas estejam nessa direção, mas seria isso suficiente? É óbvio que não! Deveria ser um aprender a aprender criticamente, quer dizer, uma busca contínua por conhecimento, porém, com atitude crítica.

Crítica no sentido de não aceitar passivamente qualquer conhecimento novo, seja ele declarativo, procedimental ou atitudinal. Como o conhecimento humano é construído, não há motivo para aceitá-lo sem, antes, submetê-lo a uma tomada de posição crítica. Esse conhecimento que, talvez, possua propósitos

comerciais ou ideológicos subjacentes pode ser substituído por outro mais aprimorado. Isso, contudo não implica que o neguemos, nem que tal conhecimento torne-se uma questão em que “vale tudo”. Muito ao contrário, conhecimentos que seres humanos constroem podem ser brilhantes, fecundos e socialmente benéficos. Apesar disso, o conhecimento não é definitivo e nem pode ser aceito acriticamente.

Como, então, facilitar um aprender a aprender criticamente? Talvez existam várias respostas para essa pergunta, cada uma delas busca, parcialmente, contribuições que facilitem uma aprendizagem significativa crítica. Quiçá, o conjunto de respostas a seguir (MOREIRA, 2005) consiga, de fato, levar o aluno a aprender a aprender criticamente.

3.12 Como podemos facilitar o aluno a aprender a aprender criticamente?

1. **Valorizar o que o aluno já sabe.** Aprendemos a partir daquilo que já sabemos. Conhecimento prévio constitui a mais importante variável para aprendizagem significativa. Crítica não faz qualquer sentido quando não há aprendizagem significativa. Como podemos ser críticos sobre algo que não aprendemos significativamente?
2. **Abandono do modelo narrativo.** Repetir as palavras do professor não motiva a compreensão nem a criticidade do aluno. O ensino precisa ser centrado no aluno, acompanhado de tarefas colaborativas e/ou individuais que abrangem a externalização dos significados compreendidos pelos alunos. Quer dizer, significa negociação de significados.
3. **Motivar o alunos a perguntar** ao invés de fazer-lhe perguntas comuns com respostas prontas, as quais devem ser memorizadas. O conhecimento humano constrói-se fundamentado em uma busca por respostas a perguntas. Assim, fica bastante mais relevante ao aluno apresentar perguntas (busca por conhecimento) do que saber respostas que não lhe dizem nada
4. **Usar uma variedade de materiais de ensino.** Ensino não deve ser centrado em apenas um livro de texto, polígrafo ou manual. Professores necessitam oferecer explicações aceitas no contexto de determinado tópico, porém, a partir de diferentes pontos de vista de diferentes autores. Quando, aderimos a uma fonte única (autor, livro, polígrafo, manual, anotações de aula), possivelmente, estamos no modo de treinamento: não estamos educando.
5. **Ensinar que os significados existem nas pessoas,** não em palavras ou objetos. Significados são contextualizados. Os aceitos em uma matéria de ensino (os quais os alunos devem captar) podem não ter os mesmos significados em outros contextos de ensino, fora da matéria de ensino em questão. Deve-se promover discriminação entre os significados aceitos no contexto de determinada matéria e aqueles que não são aceitos nesse mesmo contexto.
6. **Considerar lapsos e erros como componentes da aprendizagem.** Errar é humano. Conhecimento científico, por exemplo, avança através de correções e modificações em teorias imprecisas, as quais, um dia, foram bem aceitas e tiveram muitas aplicações. Professores necessitam encorajar alunos a detectar erros e a procurar outras explicações que os satisfaçam.

7. *Demonstrar a incerteza do conhecimento humano*, o qual depende do tipo de pergunta feita, de definições e das metáforas utilizadas. *Perguntas são instrumentos de percepção, ao passo que definições e metáforas são instrumentos para pensar. O conhecimento seria outro se perguntas, definições e metáforas fossem diferentes* (POSTMAN; VEINGARTNER, 1969).
8. **Implementar distintas estratégias de ensino.** Tal como os materiais educacionais, as estratégias de ensino devem ser diversificadas. O quadro-de-giz, uso da narrativa, textitlides de *Power Point* não devem se constituir em estratégia única, pois utilizar sempre a mesma estratégia torna o ensino enfadonho, sem apelo, rotineiro, que não oferece qualquer apoio à crítica.
9. **Auxiliar o aluno a livrar-se de barreiras epistemológicas.** Ensino deveria inspirar o aluno a desaprender, no sentido de não usar conhecimentos que possam bloquear a aprendizagem significativa de outros conhecimentos. Desaprender, aqui, tem o sentido de não empregar “regras que não servem” e é uma estratégia de sobrevivência.

3.13 Um ser que aprende continuamente

Provavelmente, o aluno que se dá conta de que o conhecimento novo tem relação com aquilo que já sabe (conhecimento prévio); que constrói seu conhecimento fundamentando-o em diversos materiais educacionais e estratégias de aprendizagem; que capta seus significados em contextualizações; que entende que tal conhecimento pode ser bastante útil, ainda que incerto, uma vez que depende de perguntas, definições e metáforas, certamente tornar-se-á um construtivista crítico e um aprendiz permanente.

3.14 Um aprendiz crítico

O aluno talvez não tenha aprendido mecanicamente um grande repertório de respostas prontas para testes e exames padronizados, mas aprendeu a ser crítico e epistemologicamente inquisitivo, como diria Paulo Freire, ou aprenderia a aprender conforme Carl Rogers sugeriria, ou como Neil Postman chamaria atenção, esse aluno começaria a ser um buscador de respostas e um detector de erros. Isso tornaria a escola maravilhosa!

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa apresentação iniciou com alguns comentários críticos sobre a educação em Física, sobre o comportamentalista ensino para a testagem (*teaching for testing*), sobre o modelo da narrativa e finalizou com uma proposta para o abandono de tal modelo. Muito embora celebre-se muito esse modelo, devemos deixá-lo de lado pois, invariavelmente, leva a uma aprendizagem mecânica de curto prazo, usada unicamente para passar em testes e exames. Alunos merecem muito mais do que isso: as escolas precisam mudar e o ensino deve ser centrado no aluno para que o compartilhamento e a negociação de significados sejam favorecidos, assim como atividades colaborativas, criticidade, aprender a aprender e participação ativa no processo educativo. Escolas não podem ser contextos de mero treinamento comportamentalista. Fica, aí, a

mensagem de esperança e otimismo dessa apresentação. Os tempos mudaram e, da mesma forma, devem mudar as práticas educacionais do ensino de Física.

Referências

ALBERT, B. Science of life (editorial). *Science*, v. 355, p. 1353, 2017. B. Albert é o presidente emérito da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos.

AUSUBEL, D. *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. 212 p.

DEHANN, R. L. Teaching creative science thinking. *education forum. Science*, v. 334, p. 10, 2011.

EDITORIAL. *An education*. [S.l.]: Nature, 2015. 256 p.

ENBANG, L. Teaching traditional physics in a rapidly changing world. *Physics Today*, p. 10–11, 2016. Readers Forum.

FINKEL, D. *Teaching with your mouth shut*. Portsmouth, NH: Boynton/Cook Publishers, 1999. 180 p.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. São Paulo: Paz e Terra, 1987. 184 p.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996. 145 p.

HERAS, R. How to teach me physics: Tradition is not always a virtue. *Physics Today*, p. 10–11, 2017. R. Heras é aluno do segundo ano de graduação em Astrofísica da University College London.

MASINI, E.; MOREIRA, M. *Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas levam a comprometimentos*. [S.l.]: Vetor Editora, 2008. 295 p.

MAURITZ-JOHNSON, J. Definitions and models in curriculum theory. *Educational Theory*, v. 17, n. 2, p. 127–140, 1967.

MOREIRA, M. *Aprendizagem significativa crítica*. [S.l.]: Instituto de Física da UFRGS, 2005. 47 p.

MOREIRA, M. *Teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006. 185 p.

OTERO, V.; MELTZER, D. The past and future of physics education reform. *Physics Today*, p. 50–56, 2017.

POSTMAN, N.; VEINGARTNER, C. *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co., 1969. 219 p.

ROGERS, C. *Freedom to learn*. Columbus, Ohio: Charles E. Merrill, 1969. 358 p.

SCHWAB, A. The practical 3 : translation into curriculum. *School Review*, v. 81, n. 4, p. 501–522, 1973.

VALADARES, J.; MOREIRA, M. *Aprendizagem significativa: sua fundamentação e implementação*. Coimbra: Almedina, 2009. 132 p.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactiques des Mathématiques*, v. 10, n. 23, p. 133–170, 1990.

WIEMAN, C. Grand challenges in science education. transformation is possible if a university really cares. *Science*, v. 340, p. 292—206, 2013.