

CORPO EDITORIAL DA EditsBQ

Daltamir Justino Maia (IFSP – Campinas) – Coordenador

Carlos Alberto L. Filgueiras – UFMG

Claudia Moraes de Resende – UFRJ

Edvaldo Sabadini - UNICAMP

Frank Hebert Quina – USP

Heloise de Oliveira Pastore – UNICAMP

Joaquim de Araujo Nobrega – UFSCar

Marco Tadeu Grassi - UFPR

Mário Cesar Ugulino de Araújo – UFPB

Roberto Ribeiro da Silva – UnB

Romeu Cardozo Rocha Filho - UFSCar

Ronaldo Aloise Pili – UNICAMP

Hugo Alejandro Gallardo Olmedo – UFSC

<https://edit.s bq.org.br/pagina/corpo-editorial.php>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P475p Pessanha, Márlon
Prática baseada no Design: o planejamento didático como orientador da ação docente reflexiva no ensino de ciências / Márlon Pessanha. – São Paulo: EditSBQ, 2023.
PDF (220 p.): il. color.

ISBN: 978-85-64099-39-5 (e-book)

Disponível em: <https://edit.s bq.org.br/pagina/livros.php>

1. Prática baseada no design. 2. Planejamento didático. 3. Ensino de ciências. 4. Sequência didática. I. Título

CDU: 371.3

CDD- 371.302 8

EditSBQ - Escritório Editorial
Universidade de São Paulo
E-mail: editsbq@sbq.org.br
Phone: +55.11.3032.2299
<http://edit.s bq.org.br>

Prefácio

Conheci o professor Márlon Pessanha durante a realização do XIV Evento de Educação em Química (Eveq¹) nas dependências do Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista (Unesp) de Araraquara, em 2016. Na ocasião, Márlon proferira a palestra denominada “Planejamento didático-pedagógico no ensino de química: possibilidades e desafios para a prática inovadora”. Confesso que a identificação com as ideias, princípios e conceitos acerca da importância do planejamento didático para a inovação foi instantânea. Diversas das discussões sobre a importância de ressignificar o planejamento de ensino, tanto para a inovação pedagógica quanto para a própria formação de professores de ciências, já vinham sendo alvo de interesse e investigação de nossa Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (Ripeq²). Particularmente, pareceu-me de extrema relevância a proposta do Prof. Márlon de aproximar as discussões entre saberes docentes e planejamento de ensino.

A partir desse primeiro contato, iniciamos uma longa e produtiva parceria com trocas de ideias, discussões sobre referenciais e, sobretudo, participação em bancas de qualificação e de defesa de trabalhos de conclusão de curso, mestrado e doutorado. Até o ano de escrita deste prefácio, Márlon já havia participado de cerca de uma dezena de bancas envolvendo discentes de nossa rede de pesquisa.

¹ O Eveq surgiu em 2003 com o objetivo consolidar-se como um espaço que congrega e contribui para a formação de estudantes de graduação e de pós-graduação, pesquisadores e professores do Ensino Superior e da Educação Básica, com o intuito de discutir pesquisas acadêmico-científicas e experiências didático-pedagógicas no âmbito da Educação em ciências ou Química. Mais informações podem ser obtidas no site do evento, disponível em: <https://www.iq.unesp.br/#1/eveq/>. Acesso em: 3 ago. 2022.

² Para mais informações da Ripeq, conferir: <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/17380>. Acesso em: 3 ago. 2022.

Desta feita, é com grande satisfação que recebo, leio cuidadosamente, aprendo e prefacio este livro que agora te alcança, prezado(a) leitor(a). Nele, você irá encontrar uma obra robusta e bastante fundamentada acerca do planejamento didático-pedagógico sob a perspectiva do design.

Todavia, em que pese essa robustez acadêmico-científica, o Prof. Márlon consegue imprimir ao longo dos capítulos deste livro uma de suas maiores qualidades: fazer-se entender por todos a partir de uma linguagem clara, coesa e concisa, para além de jargões academicistas desnecessários. Por conta disso, esta obra se apresenta acessível a um amplo espectro do público acadêmico, abarcando desde licenciandos e professores em exercício até pós-graduandos e pesquisadores debruçados sobre a temática.

Sabe-se que, infelizmente, o planejamento de ensino tem sido bastante negligenciado tanto pelos professores e professoras no seio das unidades escolares, quanto por pesquisadores e pesquisadoras da área de educação, em geral, e de educação em ciências, em específico³.

Como resultado, algumas investigações têm revelado que os professores, geralmente, assumem o planejamento de ensino como uma atividade meramente burocrática. Quando se analisa o planejamento docente, são encontradas evidências sobre uma prática não consciente, não intencional e, por isso, com caráter fortemente reprodutivista, acrítica e despolitizada. Frequentemente, os professores se limitam à elaboração de planos de ensino/aula com o sequenciamento do conteúdo conceitual e de atividades de ensino e avaliação, tendo por base um único livro didático ou apostila.

Essa maneira de assumir o planejamento pode revelar uma postura passiva dos professores diante de importantes decisões, definições e direcionamentos acerca da ação educativa, ou seja, uma postura de

³ Algumas investigações que conduzimos nos últimos anos apresentam um panorama bastante amplo e aprofundado sobre a temática (ALVES; BEGO, 2020; FERRARINI; BEGO, 2020; MORAIS; BEGO; GIORDAN, 2021).

meros executores de propostas prescritas por “especialistas” externos à escola.

Por outro lado, em algumas publicações acadêmicas nacionais que envolvem o planejamento de ensino, são encontradas apenas discussões genéricas acerca de sua importância para o desenvolvimento profissional docente e para a melhoria da prática pedagógica. Ademais, são escassas as investigações que tomam o planejamento como objetivo próprio de estudo, sendo esse utilizado como “pano de fundo” para a pesquisa de aspectos outros sobre o ensino e a aprendizagem.

A despeito desse cenário, temos considerado a centralidade do planejamento na prática pedagógica e em ações de formação, inicial e/ou continuada, de professores, uma vez que esse elemento pode atuar como desencadeador de inovações didático-pedagógicas. Nessa nova mirada, o planejamento pode ser fundamento e ensejar intensos processos de pesquisa, análise e reflexão sobre a ação educativa em contexto.

Esse reposicionamento e ressignificação do planejamento de ensino, porém, não é algo trivial de ser realizado. Antes, demanda diversos esforços que abarcam, de um lado, políticas educacionais destinadas a dirimir os diversos condicionantes⁴ que impedem que os professores exercitem uma atividade de planejamento mais fundamentada, consciente e crítica; e, de outro lado, a proposição de aportes teórico-metodológicos e didáticos que permitam tomar o planejamento didático como objeto de pesquisa e inovação.

É exatamente nessa segunda dimensão a grande contribuição desta obra. A partir da proposição do modelo da Prática Baseada no Design (PBD), o Prof. Márton discute detalhadamente todo um arcabouço didático que pode ser utilizado para as atividades de planejamento docente, bem como para torná-lo objeto de pesquisas empíricas em sala de aula.

⁴ Entre os quais podemos destacar a necessidade de tempo remunerado exclusivo para planejamento, de formação continuada em serviço, da fixação dos professores em uma única escola etc. (MORAIS; BEGO, GIORDAN, 2021).

Especificamente, os conceitos de losango didático, princípios de design e estrutura didática parecem ser fartamente frutíferos para todos aqueles – sejam professores em exercício no âmbito de mestrados profissionais, sejam pesquisadores acadêmicos da área – dedicados à implementação de inovações em sala de aula e a investigações sobre o quê, como, quando e por que tais inovações foram exitosas (ou não) na prática.

Investigações com tamanha envergadura demandam uma série de pressupostos, procedimentos e instrumentos analíticos, dentre os quais se destaca a assunção da indissociabilidade processo-produto no âmbito da educação. Nesse aspecto, o modelo da PBD fornece uma estrutura pródiga para planejar, implementar intervenções e analisar suas implicações e resultados, considerando justamente o par ensino-aprendizagem em processo e, ainda, em contexto. O modelo, então, ajuda na elaboração de “produtos didáticos” teoricamente orientados, cuja orientação fundamenta as justificativas e análises da utilização desses mesmos produtos em situação de ensino. Essa fundamentação se dá em função de a PBD enfatizar o processo reflexivo de definição dos princípios de design, os quais atuam como “*alicerces do planejamento didático*” e fornecem maior criticidade às decisões sobre e delimitações das metodologias, estratégias e recursos de ensino a serem empregados. Esse processo reflexivo, fundamentado teoricamente, pode ser entendido como condição de possibilidade para a efetivação da práxis educativa, em que teoria e elementos práticos se “*inter-relacionam, promovendo mudanças no processo de ensino e aprendizagem*”.

Como a PBD pode fomentar a mobilização de diferentes saberes docentes durante o planejamento e desencadear reflexões críticas, o modelo proposto pelo Prof. Márlon tem, ainda, grandes potencialidades para ser utilizado em diferentes ações relacionadas à formação inicial e/ou continuada de professores. Havendo a necessidade de a reflexão crítica sobre os princípios de design se pautar em diferentes aspectos, em especial naqueles decorrentes do próprio contexto de atuação e da própria prática do professor, as potencialidades formativas da PBD são diversas nesse particular campo.

Trata-se, prezado(a) leitor(a), de um novo olhar para o planejamento didático-pedagógico desde um ponto de vista mais atento, detido, “*profundo e prático sobre o ensino*”. Por isso, as múltiplas discussões que se seguem podem contribuir decisivamente para repensarmos nossas práticas de planejamento de ensino e, caso seja um interesse adicional, orientar, fundamentar e estruturar nossas investigações em sala de aula. Contribuição decisiva sobretudo para aqueles que, como eu, estão interessados e ávidos pela temática da inovação pedagógica.

Convido-o(a) à leitura!

Amadeu Moura Bego

Inverno de 2022.

Apresentação

Este livro nasceu de diálogos, reflexões e desafios. Consiste em uma coletânea de ideias sobre o planejamento didático que foram desenvolvidas, adaptadas e aperfeiçoadas ao longo de mais de uma década em que tenho pesquisado o planejamento didático no ensino de ciências e, também, atuado em programas de formação docente, inicial e continuada.

Desde o ano de 2010, quando iniciei uma pesquisa envolvendo a proposta e análise de atividades que tinham como pano de fundo uma iniciativa de inovação curricular e quando, também, participei da equipe de coordenação de um curso de especialização em ensino de ciências ofertado a professores do Ensino Fundamental II, o planejamento de atividades inovadoras e potenciais, em termos de aprendizagem, tem sido um dos focos de minhas investigações e ações acadêmicas. Na época, um dos desafios que se apresentava era promover estudos e ações formativas que, amparadas em referenciais da pesquisa baseada no planejamento didático (*Design-Based Research* [DBR] e *Teaching-Learning Sequences* [TLS]), pudessem ser adequados não somente à pesquisa acadêmica, mas também à uma atuação formativa junto aos professores e às próprias práticas dos professores. Foi a partir desse desafio que começou a surgir a Prática Baseada no Design (PBD), modelo de planejamento didático e ação docente reflexiva apresentado neste livro.

De modo especial, a minha participação em programas de pós-graduação profissionais (mestrados) e em projetos de extensão permitiu uma interlocução mais direta com professores de física e química do Ensino Médio, o que contribuiu, em grande medida, para o desenvolvimento e análise de ideias sobre o planejamento didático inovador com reais condições de aplicação nos espaços educacionais.

Os textos que hoje compõem este livro começaram a ser elaborados em disciplinas de seminários do Mestrado Profissional em

Química em Rede Nacional (Profqui), Polo Unesp/Araraquara. A discussão sobre o planejamento didático nas disciplinas de Seminários 1 e 2 foi pensada para contribuir com as reflexões sobre a própria prática dos professores mestrados e, ao mesmo tempo, com o trabalho de mestrado que iriam desenvolver, seja enquanto um subsídio teórico-reflexivo para a elaboração de planos de ensino que figurariam como produtos didáticos do mestrado, seja como uma fundamentação didático-pedagógica que auxiliaria na elaboração do entorno de uso de um produto didático mais específico, como um jogo, experimento, simulação, entre outros. Trazer a temática do planejamento didático nas disciplinas de Seminários 1 e 2 do Polo Unesp/Araraquara do Profqui foi, para mim, a oportunidade de sistematizar diversas ideias que, não colocadas em papel até então, permeavam as minhas ações e investigações. Ter como interlocutores professores de química da Educação Básica, mestrados do Profqui, tão engajados e preocupados com os processos de ensino e aprendizagem foi uma oportunidade ímpar para o amadurecimento e para a formalização de muitos aspectos do modelo PBD. Ter, também, o apoio dos colegas docentes que atuam no Polo foi a motivação necessária para a efetivação das abordagens planejadas, para as disciplinas de seminários 1 e 2, permitindo a elaboração deste livro.

Este livro é dedicado, então, a esses e outros professores que foram meus interlocutores e apoiadores nessa trajetória e, também, a você, leitor, para quem eu espero que as ideias aqui apresentadas tragam contribuições para uma prática docente mais reflexiva e para a elaboração de produtos didáticos com referências não somente teóricas, mas que se justifiquem na prática.

Os dois primeiros capítulos do livro buscam situar as discussões sobre o planejamento didático na área de pesquisa em educação em ciências e, além disso, apresentar as inspirações para a PBD. O terceiro capítulo é dedicado a apresentar dois conceitos basilares no modelo PBD: o losango didático e os princípios de design.

Já os capítulos 4 a 7 são dedicados à apresentação de diferentes tipos de princípios de design, segundo o campo teórico de onde se originam. O oitavo capítulo, por sua vez, é dedicado a apresentar e

discutir outras ideias relevantes nesse modelo: a estrutura didática, com a organização das atividades com momentos didáticos e papéis de professor(a) e alunos(as), assim como a possível função estruturadora dos princípios de design. Por fim, os dois últimos capítulos do livro são dedicados a uma discussão sobre a avaliação da implementação de um plano de ensino elaborado segundo o modelo PBD, tendo como norteadores a própria avaliação da aprendizagem e uma possível validação dos princípios de design.

Boa leitura!

Sumário

Capítulo 1. O ensino de ciências e o planejamento didático	14
Capítulo 2. As inspirações para a Prática Baseada no Design.....	32
Capítulo 3. Losango didático e princípios de design.....	41
Capítulo 4. Princípios de design epistemológicos.....	59
Capítulo 5. Princípios de design psicocognitivos.....	88
Capítulo 6. Princípios de design socioculturais.....	109
Capítulo 7. Princípios de design didáticos	132
Capítulo 8. Estrutura didática e o princípio de design estruturador	155
Capítulo 9. Avaliação da aprendizagem e a análise da implementação de um plano de ensino	171
Capítulo 10. Validação de princípios de design.....	201
Referências.....	212

Capítulo 1. O ensino de ciências e o planejamento didático

O planejamento educacional, escolar ou didático, em suas múltiplas formas, tem ocupado um espaço relevante nos ambientes educacionais, seja enquanto processo burocrático e pouco reflexivo, seja enquanto um processo mais crítico, em que diferentes agentes se ocupam de prever ações educacionais, levando em conta os contextos sociais e históricos, as demandas da educação e as características dos conteúdos de ensino.

Quando o planejamento ocupa um papel exclusivamente burocrático, ele acaba tornando-se um instrumento fiscalizador, em que a partir do preenchimento de quadros, tabelas e formulários é atestado o cumprimento de metas e tarefas que são esperadas que sejam feitas pelo professor. O planejamento que assume esse papel tende a ser reduzido à função exclusiva de um cronograma de ações a serem executadas no ensino de conteúdos. Enquanto um instrumento fiscalizador, que remete a um cronograma a ser cumprido, o sentido transformador e contextualizador do ato de planejar perde espaço e, com isso, o produto gerado (o plano de ação) tende a contribuir pouco com os processos educacionais e de ensino-aprendizagem.

Em diálogos com professores⁵, quando os questionamos sobre as compreensões que possuem sobre o planejamento ou sobre as experiências e dificuldades relacionadas ao ato de planejar em sua prática docente, com frequência escutamos relatos que indicam os aspectos burocráticos e fiscalizadores, seja como parte daquilo que compreendem ou mesmo como parte do que já vivenciaram no espaço escolar. Além

⁵ Os diálogos aos quais fazemos referência neste livro ocorreram em projetos de extensão sobre o planejamento didático de atividades de ensino inovadoras, que tinham a participação de professores da Educação Básica, e em disciplinas de seminários em turmas do Polo da Unesp/Araraquara do Profqui.

disso, é dado um destaque para os materiais didáticos como orientadores de planejamento: livros didáticos e os chamados materiais apostilados servem, em muitos casos, como ponto de partida e chegada, transformando o planejamento em uma simples distribuição no tempo de conteúdos previstos nos materiais. Nesse caso, um objetivo oculto, mas de forte atuação no planejamento, costuma ser cumprir o que o material prevê como algo a ser tratado. Temos, assim, um caminho fértil para a redução do planejamento ao caráter estritamente programático supracitado.

Vale destacar que esse caráter programático é parte do planejamento. O que é alvo de crítica, aqui, é a redução do planejamento somente à definição de cronogramas para posterior verificação de cumprimento. O planejamento pode ser entendido como uma atividade orientada ao futuro, em que se prevê algo que levará a alguma mudança em curto, médio ou longo prazo. Assim, o ensino passa a ser visto como algo que *“se desenvolve para alcançar certas intenções que, em maior ou menor medida, estão definidas antes de começar a ensinar”* (FAIRSTEIN; GYSSELS, 2003, p. 22, tradução nossa). Contudo, o sentido do planejamento na educação é o de gerar produtos orientadores, os planos, para o desenvolvimento da prática educacional e do ensino que promova, de fato, situações de ensino e aprendizagem. Isso quer dizer que, ao contrário de um fim exclusivamente burocrático e programático, o planejamento consiste em um momento de previsão e também reflexão em torno da interação com as diferentes demandas do espaço educacional e escolar, o que inclui os contextos e os potenciais de aprendizagem dos alunos.

Vale destacar que o diálogo com os professores nos revelou, também, uma visão mais apropriada do planejamento: de certa forma, seja por conta dos programas formativos direcionados aos professores, seja pela atuação em contextos escolares favoráveis ao sentido pleno do ato de planejar, os educadores com os quais dialogamos também trazem indicações de um planejamento como um processo norteador e reflexivo para o professor. Assim, ainda que a realidade prática seja marcada pelos aspectos puramente burocráticos e programáticos que comentamos, há na fala dos professores entendimentos sobre o planejamento, como, por

exemplo: uma sistematização de ações que se pretende realizar frente aos alunos; uma prática de pensar as ações pedagógicas antecipadamente ao momento da aula, considerando caminhos e estratégias para o desenvolvimento de habilidades e competências; e um esboço de detalhes, pontos e objetivos, os quais definem o que, a quem e como ensinar, assim como as formas de avaliar.

Algo a mais que podemos perceber é que aquilo que apresentamos como ideias presentes nas falas dos professores envolve um planejamento mais voltado às situações de sala de aula. Entendemos que isso ocorre por, de fato, a sala de aula ser o lócus privilegiado e de maior intensidade laboral do professor. Assim, é inevitável que o planejamento seja pensado em torno desse espaço. Contudo, vale destacar que, a depender das especificidades, abrangência e período de implementação de um plano, o planejamento (e o plano) poderá ser de diferentes tipos.

Em maior abrangência (nacional, estadual, municipal ou em uma rede de ensino), há o planejamento de um sistema educacional, em que se definem as prioridades e metas para aperfeiçoar o próprio sistema educacional. Trata-se de uma ação coletiva orientada por políticas públicas de educação e concepções sobre educação e que busca soluções para dificuldades já constatadas no sistema educacional (HAYDT, 2008). Esse planejamento tem, entre seus produtos, as diretrizes curriculares e os currículos, os quais servem de documentos orientadores para as instituições de ensino. Normalmente, os professores possuem uma participação mínima nesse tipo de planejamento, ainda que ele interfira significativamente em sua prática.

Em um nível meso de abrangência, temos o planejamento escolar que, ao buscar um melhor funcionamento de uma escola específica, consiste em um processo de definição de objetivos e escolhas de ações pedagógicas e administrativas que devem ser executadas por todo o corpo profissional da escola (HAYDT, 2008). Por tratar de contextos específicos e envolver uma abrangência mais localizada, é um tipo de planejamento que, a nosso ver e também para outros autores, deve ser participativo, com a atuação não somente de gestores e professores, mas também dos demais funcionários da escola, assim como os pais e os alunos (HAYDT, 2008; VEIGA, 1995). Alguns produtos desse tipo de

planejamento são o projeto político-pedagógico da escola e os projetos administrativos anuais da instituição escolar.

Também em um nível meso e mais localizado em uma escola, há o planejamento curricular. Esse planejamento envolve a previsão dos diversos componentes curriculares a serem desenvolvidos em um curso/ano (HAYDT, 2008). Também tem sido cada vez mais frequente a definição, nesse tipo de planejamento, das habilidades associadas às componentes curriculares que se espera que sejam desenvolvidas. Na elaboração do plano curricular, todos os que participam do processo pedagógico em uma escola se ocupam da tarefa de prever componentes curriculares e habilidades a serem desenvolvidas no período, por exemplo, de um ano ou um semestre. Esse tipo de planejamento considera, ainda, os documentos norteadores, tais como o currículo e as bases/diretrizes curriculares. Algo necessário, e nem sempre considerado no planejamento curricular, são os aspectos do próprio contexto escolar, que levarão ao reconhecimento dos elementos que potencializam a contextualização das componentes curriculares e à definição de novos tópicos/conteúdos pertinentes de serem tratados, ainda que não explicitados no currículo.

Por fim, em um nível micro, temos o planejamento didático ou o planejamento de ensino, alvo principal de discussão neste livro. O planejamento de ensino é aquele elaborado pelo professor, de forma mais individual, ou por um conjunto de professores (por exemplo, em ações interdisciplinares). Esse planejamento envolve a organização das atividades a serem desenvolvidas pelos alunos em sala de aula, com o intuito central de proporcionar aprendizagens e o desenvolvimento de habilidades e atitudes. Trata-se de um detalhamento do plano curricular para uma turma específica e para um prazo bem definido: um prazo um pouco maior, como no caso do planejamento de uma unidade didática⁶;

⁶ Os termos unidade didática e sequência didática são comumente utilizados de forma indiferenciada. No âmbito do ensino de ciências, unidade didática tem sido utilizada para designar planos de ensino em torno de tópicos mais gerais que são tratados, por exemplo, em um bimestre ou semestre, enquanto sequência didática tem sido utilizada para designar planos em torno de um tópico específico, com duração de entre quatro e 12 aulas.

um prazo médio, como ocorre no planejamento das sequências didáticas; ou menor, no caso dos planejamentos semanal ou de aula.

Com alguma frequência, nos diálogos que mantivemos com professores, era indicado como prioritário na ação docente o planejamento do ensino envolvendo a elaboração de planos semanais ou de aula, pois esses dialogariam com as próprias demandas das escolas, uma vez que as próprias instituições disponibilizam aos professores materiais orientadores e modelos de plano desse tipo. Destacamos, no entanto, que o planejamento de atividades em um prazo maior, ainda que em um nível micro, como no caso do planejamento para a elaboração de uma sequência didática, tem a vantagem que é permitir uma maior articulação entre as atividades de um conjunto de aulas de um mesmo tópico de ensino, evitando uma certa fragmentação.

Planejamento didático e a inovação no ensino

A importância do planejamento vem sendo ressaltada, entre outros motivos, pelo seu papel na mobilização de inovações no ensino. Há uma crítica comum ao que normalmente é chamado de “ensino tradicional”⁷, feita por pesquisadores, professores e gestores. Em alguns discursos, há inclusive a “constatação” de que a educação e o ensino praticados atualmente são semelhantes ou idênticos àqueles praticados há séculos, de modo que uma mudança precisaria ser impetrada. Por mais que a afirmação sobre uma imutabilidade do ensino e da educação seja incorreta⁸ (FRAGO, 2007), ela demonstra uma insatisfação comum com o que o ensino, em específico, e a escola, em geral, tem feito.

⁷ O termo “ensino tradicional” é pouco definido, apesar de muito utilizado. Podemos defini-lo como formas de ensino e gestão da aula que empregam abordagens e metodologias que não resultam em uma participação ativa dos alunos, são desvinculadas da realidade dos alunos, incorporam uma noção de aprendizagem como uma transmissão de conhecimentos (tábula rasa) e, em um caso mais extremo, utilizam métodos mecânicos como o catequético, a exaustiva cópia de conteúdos colocados na lousa, além da leitura de livros texto sem as necessárias reflexão e discussão.

⁸ O autor espanhol Viñao Frago (2007) relata a anedota do clérigo ou monge medieval que, transportado às escolas atuais, sentir-se-ia à vontade e não perceberia diferenças em relação às escolas e universidades de seu tempo. Para o autor, a anedota é equivocada,

De fato, os processos educacionais tendem a se modificar com algum atraso em relação a outros processos da sociedade (o uso das tecnologias digitais em massa na vida cotidiana e em pequena escala nas escolas é um exemplo). Isso leva os professores a, constantemente, serem desafiados a desenvolver ações e materiais novos, o que nem sempre é uma tarefa fácil. Somam-se a isso os diferentes desafios impostos pelo desenvolvimento da sociedade, que aos poucos incorpora compreensões mais inclusivas, com uma visão de educação para todos, tendo em vista a diversidade de idade, gênero, étnica e cultural, estilos de aprendizagem, deficiências, habilidades e outras especificidades.

Esses desafios também são indicados pelos professores. Frequentemente, quando comentam sobre as dificuldades relacionadas ao planejamento, além de citarem os obstáculos estruturais e burocráticos, os professores passam pelo desafio em planejar e desenvolver atividades inclusivas, que atendam a todos os estilos de aprendizagem, que sejam compatíveis com as turmas da Educação de Jovens e Adultos (EJA) etc. No período em que este texto foi escrito, durante a pandemia provocada pelo vírus SARS-CoV-2, em um período de constante diálogo com professores da Educação Básica, também foram indicadas as dificuldades em adequar práticas ao Ensino a Distância (EAD) ou ao Ensino Remoto Emergencial (ERE).

Assim, os desafios frequentemente relatados pelos professores, de certa forma, decorrem de mudanças e visões incorporadas e construídas na educação nas últimas décadas do século XX e início do século XXI

pois o monge ou clérigo se surpreenderia por não encontrar facilmente outros monges e clérigos entre os professores e alunos; com o fato de haver alunas e professoras nas escolas e universidades e de cerca da metade dos alunos serem do sexo feminino; ao observar que crianças e jovens de ambos os sexos frequentariam escolas; com o fato de existirem laboratórios, campos esportivos e ginásios em escolas; com os cursos acadêmicos organizados por séries/graus por anos ou semestres; com processos avaliativos que cumprem, inclusive, o papel de passagem de níveis; com a não utilização do latim nas escolas; com a organização escolar em estruturas não eclesiásticas; com as tecnologias empregadas nas escolas, entre outros. Podemos adicionar ao exemplo do autor as próprias práticas de ensino, que não são mais concentradas exclusivamente na leitura de livros-textos, pelo professor, ou com repetições “em coro” pelos alunos, além de não haver exclusivamente ações passivas e não interativas dos alunos.

ou de situações flagrantemente repentinas e com as quais a educação teve que lidar (pandemia e necessidade de isolamento social).

Inovar o ensino para incorporar as novas demandas da educação e para lidar com os desafios que se apresentam requer, do professor, uma expansão do seu repertório de ação que, inevitavelmente, envolve uma “criatividade didática” para elaborar, desenvolver e interpretar práticas que lhe são pouco familiares. Esse requisito contrasta diretamente com uma visão comum sobre o ensino, compartilhada socialmente, em que a ação docente é vista como algo simples e facilmente compreensível. Por exemplo, Gauthier et al. (2013) relatam que, frequentemente, quando se questiona o que é necessário para exercer a docência, as respostas fornecidas repousam em aspectos pontuais que, isolados dos demais, levam à prática docente a um status profissional limitado. As respostas trazem afirmações de que é necessário ao professor saber o conteúdo, ter talento, ter bom senso, ter cultura, entre outras “habilidades” pouco claras que são, na realidade, visões que simplificam a complexidade da docência.

Uma forma de compreender a docência, assim como auxiliar na elaboração de práticas mais inovadoras, é empregar aspectos teóricos da educação, os quais inclusive estão presentes na formação inicial dos professores. Contudo, conforme afirmam Gauthier et al. (2013), esse conjunto de elementos teóricos não tem encontrado lugar facilmente na prática docente, ainda que sirva de fomentador de reflexões.

Para Gauthier et al. (2013) há, portanto, pouca clareza na compreensão cotidiana da prática do professor (ofício sem saberes) e um conjunto de elementos teóricos que se desconectam da prática (saberes sem ofício) que explicitam a separação entre teoria e prática educacional e de ensino.

O ofício sem saberes e os saberes sem ofício não somente prejudicam a compreensão da docência e de sua profissionalidade, como acabam também culpabilizando os professores por não conseguirem inovar, excluindo a percepção de todo o processo de negociação entre teoria e prática, em que tais dimensões são indissociáveis em uma práxis educativa.

Para os autores, a prática do professor pode ser melhor compreendida como envolvendo o acesso a um reservatório de diferentes tipos de saberes, os quais, de certa forma, tornam mais clara a indissociabilidade entre teoria e prática. Gauthier et al. (2013) destacam que a prática didática é (ou deveria ser) permeada pelos tipos de saberes apresentados no Quadro 1.1.

Quadro 1.1: Saberes docentes com base em Gauthier et al. (2013).

Tipo de saberes	Descrição resumida
Saberes disciplinares	Conteúdos a ensinar; natureza do conhecimento envolvido no conteúdo; desenvolvimento histórico do conhecimento em seu contexto sociocultural.
Saberes curriculares	Tópicos a serem ensinados, sua organização e habilidades a serem desenvolvidas segundo documentos oficiais e livros didáticos.
Saberes das ciências da educação	Teorias didático pedagógicas; conhecimentos sobre a prática pedagógica e metodologias de ensino; teorias de aprendizagem; conhecimentos sobre os fundamentos e funcionamento dos sistemas educacionais de ensino.
Saberes da tradição pedagógica	Conhecimento “cristalizado” sobre formas de ensinar tópicos específicos.
Saberes experienciais	Conhecimento didático pedagógico pessoal sobre estratégias e recursos de ensino e sua efetividade.
Saberes da ação pedagógica	Conhecimento didático pedagógico sobre estratégias e recursos de ensino validados em pesquisas.

Fonte: Elaboração própria com base em Gauthier et al. (2013).

Esse reservatório de saberes é empregado pelo professor sempre que pensa em desenvolver suas atividades. De certa forma, a não inovação consiste em uma reprodução pouco ou não reflexiva de saberes da tradição pedagógica e saberes experienciais, de forma pouco articulada ou totalmente desarticulada com o contexto de ensino. Nesse sentido, podemos assumir que, para que possamos inovar continuamente para atender as diferentes demandas que nos são apresentadas na profissão docente, é necessária uma diversificação no acesso aos saberes, imbuída por uma reflexão sobre as atividades e os objetivos de ensino que definimos para nossas aulas.

Considerando que o planejamento didático, quando não visto e realizado como um processo burocrático, é a ação e o momento em que podemos melhor refletir e justificar nossas escolhas para o ensino (atividades, estratégias e recursos), inclusive acessando diferentes

reservatórios de saberes, podemos assumir que a inovação didática pode ser potencializada a partir do ato de planejar.

O planejamento didático e o ensino de ciências

Nos últimos anos, a discussão sobre o planejamento didático tem se intensificado na área de ensino de ciências. No campo de pesquisa em educação em ciências, diferentes modelos de planejamento têm surgido, com diferentes características, embasamentos teóricos e níveis de abertura e reflexão. A seguir, apresentamos alguns exemplos de modelos de planejamento didático que emergiram na pesquisa em ensino de ciências.

- Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

Um exemplo de modelo de planejamento de ensino que ganhou espaço na última década, especialmente por ter sido muito explorado em dissertações desenvolvidas no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNEPF) mantido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF), são as chamadas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS).

O modelo de UEPS, proposto pelo Prof. Dr. Marco Antônio Moreira, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Ufrgs), se baseia principalmente na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Contudo, segundo Moreira (2011), o modelo considera também ideias de outros autores, como Novak, Vigotski, Gowin, Vergnaud e Johnson-Laird. Nesse sentido, é um modelo que se ancora, principalmente, em saberes das ciências da educação, em especial da psicologia da aprendizagem. Um aspecto que vale ser destacado é que alguns dos diferentes autores indicados como o suporte do modelo são inconciliáveis entre si. Isso quer dizer que os aspectos mais básicos das teorias de alguns desses autores são opostos. Um exemplo são as ideias de Ausubel e de Vigotski: enquanto o primeiro compreende a aprendizagem de forma mais individual, concentrando-se nos processos mentais de assimilação de conceitos, o segundo compreende a aprendizagem a partir do meio social, da relação entre os indivíduos e do

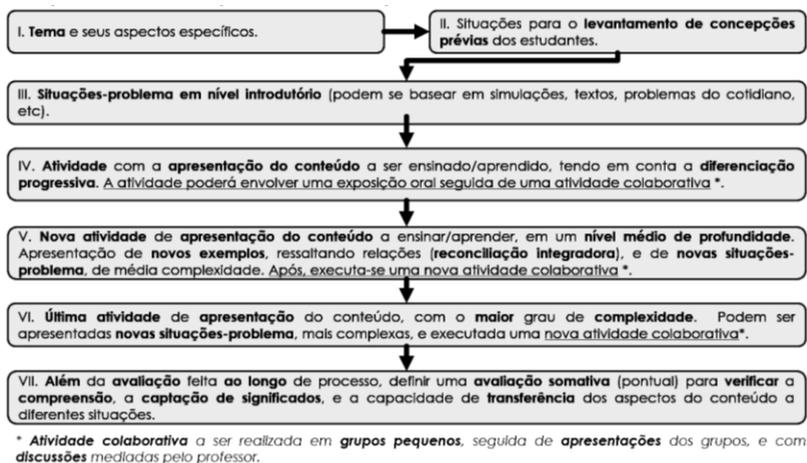
pensamento com a linguagem⁹. Contudo, Moreira (2011), de certa forma, compreende que em uma perspectiva prática os elementos específicos das teorias elencadas na concepção das UEPS não seriam contraditórios.

Em seu modelo, o autor assume, principalmente, os seguintes elementos teóricos: (1) conhecimento prévio como variável mais influente na aprendizagem significativa (Ausubel); (2) situações-problema, que devem ser propostas em nível crescente de complexidade, é o que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); (3) a interação social e a linguagem são fundamentais à captação de significados (Vigotski); e (4) a organização do ensino deve considerar a diferenciação progressiva dos conceitos (de aspectos gerais para os específicos) e a reconciliação integrativa (inter-relacionamento de ideias e conceitos), evidenciando similaridades e diferenças e reconciliando possíveis ou aparentes discrepâncias (Ausubel).

Apesar de tentar propor novas práticas de ensino que tornem a aprendizagem mais significativa e exijam um “esforço” menor do professor no processo de justificação das atividades planejadas, trata-se de um modelo demasiadamente fechado: ele envolve uma série de passos bem definidos, a serem percorridos no planejamento, que coincidem com as etapas do plano de ensino. Esses passos, resumidos na Figura 1.1, podem levar o processo de planejamento didático a uma reflexão e autonomia limitada, uma vez que até mesmo as formas como os tópicos devem ser tratados, sequenciados e aprofundados são definidas de antemão pelo modelo.

⁹ Há de se considerar que o próprio Ausubel se aproxima das ideias apresentadas por Vigotski, que envolvem a relação entre pensamento e linguagem. Contudo, a ênfase na análise de Ausubel, nos processos cognitivos, diverge da ênfase de Vigotski, que repousa sobre os processos e meios sociais.

Figura 1.1. Passos na elaboração de UEPS.



Fonte: Elaboração própria com base em Moreira (2011).

- Sequências didáticas segundo o Modelo Topológico de Ensino

O Modelo Topológico de Ensino (MTE) foi elaborado pelo Prof. Dr. Marcelo Giordan, da Universidade de São Paulo (USP). Trata-se de uma ferramenta teórica e metodológica para subsidiar a organização do ensino no cotidiano da sala de aula, que leva em conta as relações e as ações presentes no ensino.

Segundo Giordan (2008), o modelo se baseia na ideia de ação mediada de James Wertsch, discutida em seu livro *Mind as Action*, de 1998. A obra de Wertsch é parte da tradição teórica sociocultural e está apoiada em autores como Vigotski (processo de internalização), Bakhtin (dialogia e gêneros de discurso) e Kenneth Burke (múltiplas perspectivas da ação humana).

Nesse modelo, a sala de aula é entendida como um organismo social, com cultura e identidades próprias, em que as ações são realizadas por pessoas com diferentes visões de mundo. Em meio a esse contexto, as atividades de ensino do modelo são pensadas: (1) considerando que as ações são realizadas por meio de atividades estruturadas em torno da

interação entre alunos e professor; (2) para permitir uma ampliação da visão de mundo dos alunos, com a apropriação de formas de pensamento das ciências (entendidas como ferramentas culturais a serem utilizadas em um cenário); e (3) com uma tematização que aproxime os alunos da comunidade dos cientistas (GIORDAN, 2008).

Tendo em conta esses aspectos, o planejamento de sequências didáticas tem como ponto de partida a caracterização do público-alvo (e contexto), isto é, dos alunos, da escola e da comunidade escolar. Além disso, a proposta tem como base a noção de problematização, que, a partir do MTE, entendemos que consiste em uma aproximação entre os aspectos da realidade dos alunos e o conhecimento científico: os aspectos da realidade seriam tratados e resolvidos com base no conhecimento científico que se espera que seja ensinado, de modo a ampliar as visões de mundo dos alunos. Guimarães e Giordan (2013) propõem, inclusive, um modelo visual de organização das ideias de uma sequência didática elaborada segundo o MTE, conforme se observa na Figura 1.2.

Figura 1.2. Framework para a elaboração de sequências didáticas.

Título:			
Público Alvo			
Caracterização dos Alunos		Caracterização da Escola	Caracterização da Comunidade Escolar
Problematização:			
Objetivo Geral:			
Metodologia de Ensino			
Aulas	Objetivos Específicos	Conteúdos	Dinâmica das Atividades
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
Avaliação:			
Bibliografia:		Referencial Teórico:	
		Material Utilizado:	

Fonte: Guimarães e Giordan (2013).

Ainda que, notoriamente, haja um referencial teórico bem definido que sustenta e direciona a proposta de elaboração de sequência didática, trata-se de um modelo mais aberto que, portanto, possui um maior potencial para a reflexão dos professores, em especial em torno da relação entre conhecimento científico e realidade dos alunos. Assim, esse

modelo, quando colocado em ação, tende a mobilizar diferentes tipos de saberes, não somente aqueles das ciências da educação ou os experienciais.

- Sequências de Ensino Investigativas

As Sequências de Ensino Investigativas (SEI) são um modelo de elaboração de sequências didáticas proposto pela Profa. Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho, da USP. Trata-se de uma proposta de sequência didática que abrange somente um tópico de ensino, em que se busca a interação dos conhecimentos prévios dos alunos com novos conhecimentos, de modo a passar dos saberes espontâneos aos científicos.

Para isso, Carvalho (2013b), pautando-se principalmente nos trabalhos de Piaget e, em menor medida, de Vigotski, propõe que as atividades que compõem a sequência didática tenham um caráter investigativo, em que haja: (1) proposição de um problema (experimental ou não experimental, ou seja, do cotidiano); (2) atividade em grupo; (3) resolução do problema; (4) sistematização do conhecimento; e (5) atividade avaliativa.

De certa forma, o aspecto principal nas SEI é a noção de problematização. Essa não é uma simples questão a ser respondida, mas sim um problema autêntico que precisa ser resolvido e que possa, de fato, ser assumido pelos alunos como tal. Quando trata de um problema da realidade cotidiana (por exemplo, discutida em jornais, reportagens etc.), esse processo de problematização se assemelha, em certa medida, àquele previsto nas sequências didáticas baseadas no MTE. Contudo, quando inclui aspectos experimentais a serem reproduzidos pelos alunos ou demonstrados pelo professor, a problematização se assemelha mais ao processo de solução de problemas científicos, que não necessariamente surgem a partir da realidade social. No entanto, mesmo quando se trata de um problema genuinamente científico, ele deve se articular, em seu desenvolvimento em sala de aula, com o contexto social dos alunos.

Esse modelo de elaboração de sequências didáticas possui um nível médio de abertura, por ser amparado em aspectos teóricos sobre aprendizagem bem definidos de antemão. Trata-se de um modelo especialmente útil ao ensino de ciências, uma vez que contempla processos que demandam uma reflexão do professor, como é o caso da definição de elementos realmente problematizadores.

- Unidades Didáticas Multiestratégicas

As Unidades Didáticas Multiestratégicas (UDM) foram propostas pelo Prof. Dr. Amadeu Bego, do campus Araraquara da Unesp. A partir das discussões sobre projetos didático-pedagógicos de Sanmartí, dos elementos analíticos de Blanco e Pérez¹⁰ e do reconhecimento da necessidade de uma pluralidade de estratégias no ensino de ciências, Bego (2016, p. 55) propõe o modelo de planejamento didático e define-o como *“um projeto de ensino que integra, de modo organizado e sequenciado, um conjunto de estratégias didáticas de acordo com objetivos de aprendizagem previamente definidos e delimitados”*. Destaca-se, ainda, que nesse modelo há a previsão de momentos de análise científica dos conteúdos e atitudes, assim como uma análise didática relacionada às ideias prévias dos alunos e às exigências cognitivas dos conteúdos e implicações para o ensino, em um processo explicitamente reflexivo e analítico.

Além das UDM envolverem um planejamento mais aberto e centrado em um tema, o que já seria potencial para um processo reflexivo dos professores, o fato de o modelo prever uma análise científica e didática, anterior à definição das atividades, potencializa ainda mais o envolvimento dos professores em um processo mais crítico e conectado à prática de sala de aula. Além disso, por assumir a relevância, e exigência, em incorporar estratégias diversificadas, o modelo permite

¹⁰ Blanco e Pérez propõem um modelo de planejamento didático que inclui uma análise científica (seleção de conteúdos, definição de esquemas conceituais, definição de procedimentos científicos e delimitação de atitudes científicas) e uma análise didática (averiguação de ideias prévias dos alunos, análise das exigências cognitivas dos conteúdos e delimitação de implicações para o ensino), além da definição de objetivos e de estratégias de ensino e de avaliação.

colocar em ação uma perspectiva mais prático¹¹ e com o acesso a diferentes saberes docentes, assim como possibilita que o ensino se adeque melhor a diferentes estilos de aprendizagem.

- Sequências de Ensino-Aprendizagem e a Prática Baseada no Design

As Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA) constituem um produto e um processo metodológico na pesquisa em ensino de ciências, que teve sua gênese na primeira década deste século, a partir de uma ação conjunta de diferentes pesquisadores.

Conforme relatado por Rodríguez (2012), no ano de 2000 ocorreu em Paris um simpósio internacional sobre o desenho e validação de Sequências de Ensino-Aprendizagem em uma perspectiva de pesquisa. No evento, os participantes reconheceram que havia semelhanças nas pesquisas discutidas e nos produtos didáticos que emergiam delas: todas as pesquisas se baseavam no planejamento didático, envolvendo a produção e análise de sequências didáticas para o ensino de ciências, as quais eram elaboradas com base em aspectos teóricos que eram, justamente, o foco de investigação. Essa semelhança levou os pesquisadores a utilizar, a partir daquele momento, o termo Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA ou TLS, do inglês *Teaching-Learning Sequences*) para designar o tipo de pesquisa que realizavam. A consolidação da linha de pesquisa ocorreu em 2004, quando, em uma edição especial do *International Journal of Science Education*, foram reunidas parte das contribuições dos autores que participaram do simpósio.

A partir da definição apresentada por Méheut e Psillos (2004) para as SEA, entendemo-las como uma metodologia de pesquisa intervencionista¹² (realizada em sala de aula) que busca articular teoria e prática na compreensão do fenômeno de ensino e aprendizagem. Por envolverem a elaboração (design) de uma sequência didática, as SEA

¹¹ Trataremos do conceito de práxis no próximo capítulo.

¹² Uma pesquisa intervencionista é aquela em que propostas de atividades, recursos ou, de modo geral, ideias são aplicadas/implementadas em contextos educacionais reais e os resultados dessa aplicação/implementação são alvo de análise.

podem ser definidas também como uma ação envolvendo um produto: um plano didático, resultado de uma análise e planejamento, de implementações e replanejamentos.

Entre suas características, há o planejamento orientado por princípios de design, que são fortes pressupostos, suportados por uma teoria, que guiam o design, e busca-se que sejam validados na prática. Assim, os princípios de design estão associados com uma dimensão teórica do conhecimento. Eles podem estar relacionados com aspectos de aprendizagem ou de uma teoria cognitivista, uma análise epistemológica de um tópico específico de ciências, uma teoria sociocultural, um conhecimento didático revelado por pesquisas ou mesmo questões éticas e morais. Os princípios de design, vale destacar, não são definidos de antemão pelo modelo: como o modelo é totalmente aberto, eles são definidos justamente durante o planejamento da sequência didática.

Em um trabalho anterior (PESSANHA, 2017), identificamos nos princípios de design as principais contribuições, não somente para a pesquisa, mas, no caso da elaboração de SEA (produto) por professores, para a tarefa de planejar o ensino, assim como para o professor “pesquisar” a própria prática. Ainda que haja nas SEA (linha de pesquisa) diferentes aspectos que norteiam o estudo científico, é nos princípios de design que percebemos um potencial reflexivo para a ação docente.

Vislumbrando contribuir com a prática docente a partir das SEA, elaboramos o modelo que denominamos como Prática Baseada no Design¹³ (PESSANHA, 2017), em que foi assumida uma grande abertura para o processo reflexivo e para a mobilização de saberes docentes. Entendemos que os princípios de design são conhecimentos teóricos que provêm de saberes disciplinares, curriculares, das ciências da educação e da ação pedagógica, além de contemplarem conhecimentos contextuais e experienciais que podem dar maior significado a professores e alunos.

¹³ O termo “design” pode ser entendido como sinônimo de planejamento didático.

Para a definição dos princípios de design, que deve ocorrer no início do planejamento, antes da definição de qualquer atividade ou recurso de ensino, a PBD prevê uma análise crítica sobre (1) a natureza do conhecimento científico a ser ensinado e seu desenvolvimento histórico; (2) as principais concepções espontâneas relacionadas envolvidas no tópico a ser ensinado; (3) o contexto de ensino e os aspectos sociais e éticos relacionados com o tópico a ser ensinado; (4) as concepções de ensino e aprendizagem que melhor se articulam com os pontos anteriores; (5) o programa de ensino (currículo); e (6) os materiais didáticos que se articulam com os pontos anteriores.

No modelo PBD, os princípios de design são os pilares das atividades e dos recursos de ensino e avaliação, justificando-os e orientando-os, além de nortear a própria organização e sequenciamento das etapas do ensino. Trata-se de um modelo em que a mobilização de diferentes saberes é inerente ao planejamento e serve de motor para as reflexões.

Algumas considerações

Um resumo dos diferentes modelos de planejamento didático no ensino de ciências é apresentado no Quadro 1.2.

Pelo caráter mais aberto da PBD, neste livro nos dedicaremos a melhor compreender esse modelo. Vale destacar que o modelo PBD, ainda que envolva uma compreensão do planejamento didático que se diferencia em maior ou menor escala dos demais modelos, não se apresenta, necessariamente, como oposto a eles. Por ser uma proposta totalmente aberta, ela pode incorporar, como princípios de design, aspectos teóricos previstos nos demais modelos. Um exemplo de SEA e PBD que incorpora um dos modelos apresentados foi elaborado por Moreira (2015), no âmbito de um mestrado profissional em ensino de ciências exatas da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). No trabalho de mestrado de Moreira, foi elaborada uma SEA que, por assumir como princípio de design a noção de aprendizagem significativa de Ausubel, incorporou os passos envolvidos em uma UEPS. Contudo,

a SEA elaborada possuía outros princípios de design que deram sentido e definiram diversas atividades.

Quadro 1.2. Resumo dos modelos de planejamento didático apresentados.

Modelo de planejamento didático	Princípios teóricos que norteiam o planejamento	Tipos de saberes docentes elencados	Grau de abertura para a definição de tipos e sequência de atividades
Unidades de Ensino Potencialmente Significativas	Concepções prévias dos alunos (Ausubel); diferenciação progressiva e reconciliação integradora (Ausubel); relação entre pensamento, linguagem e interação social (Vigotski); diferentes níveis de complexidade (Vergnaud) etc.	Saberes das ciências da educação; saberes da tradição pedagógica; saberes experienciais	Mínimo: o modelo define todos os passos/etapas e a ordem das atividades.
Sequências didáticas segundo o Modelo Topológico de Ensino	Relações entre a ação e a mediação (Wertsch); relações entre as visões de mundo dos alunos e as visões científicas; problematização e o ensino de ciências.	Saberes disciplinares; saberes das ciências da educação; saberes da tradição pedagógica; saberes experienciais; saberes da ação pedagógica.	Médio: ao definir que haja uma problematização, ainda que não defina passos para as atividades, pressupõe que esses devem dar conta do problema que é posto.
Sequências de Ensino Investigativas	Construção de conhecimento e o processo de equilíbrio de estímulos (Piaget); interação social e desenvolvimento (Vigotski); ensino por investigação.	saberes das ciências da educação; saberes da tradição pedagógica; saberes experienciais; saberes da ação pedagógica.	Mínimo: o modelo define todos os passos/etapas e a ordem das atividades.
Unidades Didáticas Multiestratégicas	Organização de projetos didático-pedagógicos (Sanmarti); análise científica e didática (Blanco e Pérez); pluralidade de estratégias e aprendizagem.	Saberes disciplinares; saberes das ciências da educação; saberes da tradição pedagógica; saberes experienciais; saberes da ação pedagógica.	Máximo: o modelo não define os passos/etapas e ordem das atividades. Só define que as estratégias devem ser diversificadas e que deve haver uma análise que levará à definição das atividades.
Sequências de Ensino-Aprendizagem e a Prática Baseada no Design	Análise crítica do conteúdo, das concepções espontâneas, do contexto e das próprias concepções de ensino e aprendizagem.	Saberes disciplinares; saberes curriculares; saberes das ciências da educação; saberes da tradição pedagógica; saberes experienciais; saberes da ação pedagógica.	Máximo: o modelo não define os passos/etapas e ordem das atividades. Só define que deve haver uma análise que levará à definição das atividades.

Fonte: Elaboração própria.

De modo geral, entendemos que o PBD possui grande potencial reflexivo e explícita a indissociabilidade entre teoria e prática no ensino de ciências, contribuindo com a inovação didático-pedagógica. Por acreditarmos nisso, elaboramos este livro para apresentar e aprofundar o modelo.

Capítulo 2. As inspirações para a Prática Baseada no Design

No capítulo anterior, trouxemos um resumo sobre visões e funções do planejamento na educação, além de uma breve discussão sobre os saberes que permeiam as escolhas e ações docentes. Segundo o que expomos, elementos teóricos e experienciais servem de base para as escolhas didáticas que os professores fazem e permitem interpretar aquilo que ocorre nas escolas e nas salas de aula em que atuam. Ao final do capítulo anterior, apresentamos, ainda, como a pesquisa em educação em ciências tem voltado o seu olhar para o planejamento didático em uma perspectiva mais reflexiva e teoricamente orientada. Nesse sentido, diferentes modelos de planejamento didático emergiram na educação em ciências. Dentre eles, o modelo de PDB, que propomos, foi aquele selecionado para aprofundamento neste livro.

Dedicamos este capítulo a apresentar as principais linhas metodológicas que serviram de inspiração para propormos o modelo PBD.

Dos estudos de DBR e TLS ao modelo PBD

Na pesquisa em educação em ciências, em especial a partir da primeira década do século XXI, estudos sobre o planejamento didático têm ganhado espaço nas pesquisas acadêmicas, as quais buscam entender os resultados de tentativas inovadoras de ensinar ciências.

Nesse âmbito, uma linha de investigação que ganhou algum destaque foi a *Design-Based Research* (DBR), que consiste em uma abordagem intervencionista que busca combinar aspectos teóricos da pesquisa em educação e aspectos da prática pedagógica (BROWN, 1992; COLLINS, 1992). Uma vantagem dessa abordagem metodológica é que o conhecimento elaborado, fruto da pesquisa, possui relação estreita com a prática, a partir de um processo reflexivo constante que busca validar elementos teóricos em contextos reais e que tem a participação de

profissionais que de fato fazem parte desses contextos: na linha DBR aplicada à educação, o design (planejamento) de atividades de ensino é feito em conjunto por pesquisadores e professores, e esses mesmos professores são os responsáveis pela implementação das atividades com os alunos, contribuindo ainda com as análises posteriores. Também é possível a participação de outros profissionais da educação no design, além dos professores, como gestores, orientadores educacionais, entre outros, que são parte do contexto em que é realizado o estudo.

Nos estudos DBR, busca-se compreender como, quando e por que inovações educacionais funcionam na prática. Para isso, ocupando mais um papel de referencial metodológico de pesquisa do que de um referencial teórico, a DBR define um processo iterativo (sequencial e cíclico) que se inicia com o planejamento didático, o qual se baseia na parceria entre pesquisadores e professores e na definição de princípios de design¹⁴, seguido pela implementação nos contextos reais de sala de aula, culminando com uma análise reflexiva dos resultados obtidos. Essa análise conduz a um novo ciclo, em que, mais uma vez, pesquisadores e professores reexaminam as intenções de ensino, os princípios de design e as atividades definidas, em função daquilo observado a partir da implementação do plano de ensino elaborado inicialmente. Uma representação desse processo é apresentada na Figura 2.1.

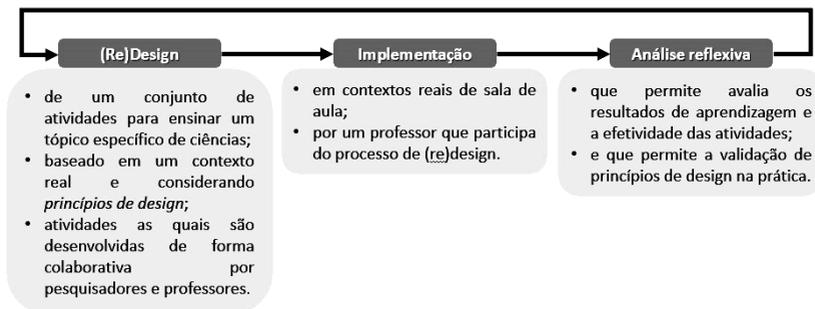
Na área de pesquisa em ensino de ciências, em específico nos estudos que vêm assumindo a linha DBR, os chamados princípios de design coincidem com o próprio referencial teórico de pesquisa. Normalmente, os pesquisadores já têm de antemão aspectos teóricos, provenientes de suas tradições de pesquisa¹⁵, que pretendem estudar: nos diálogos com os professores, tais aspectos são colocados como possíveis de serem assumidos enquanto princípios de design. Tendo em vista a parceria com os professores como um dos pilares da metodologia, tais elementos teóricos são colocados, com frequência, em meio às reflexões

¹⁴ Discutiremos a noção de princípios de design detalhadamente nos próximos capítulos.

¹⁵ A “tradição” (linha teórica) dos pesquisadores que fornece os aspectos teóricos está relacionada com as categorias de princípios de design que apresentaremos em próximos capítulos: epistemológicos, psicocognitivos, socioculturais e didáticos.

que se dão no momento do design (Figura 2.1) e, sendo aceitos e reconhecidos como relevantes, são assumidos como princípios de design.

Figura 2.1. Representação do processo iterativo.



Fonte: Adaptado de Collins, Joseph e Bielaczyc (2004).

Fortemente influenciado pela linha DBR, mas também por outras linhas de pesquisa como *Developmental Research* (LIJNSE, 1995), *Educational Reconstruction* (KATTMANN et al., 1995 apud MÉHEUT; PSILLOS, 2004) e a *Ingénierie Didactique* (ARTIGUE, 1988), surgiu no início do século XXI, no âmbito da pesquisa em educação em ciências, a sublinha de pesquisa conhecida como *Teaching-Learning Sequences* (TLS). As TLS, ou, como passaremos a chamar neste livro, as Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA)¹⁶ consistem em uma forma de fazer pesquisa que tem como base a elaboração, implementação e análise de sequências didáticas. Essas sequências didáticas produzidas e analisadas na linha SEA são, também, chamadas de SEA. Ou seja, a linha de pesquisa e o produto didático (sequência didática) da linha são nomeados da mesma forma (MÉHEUT; PSILLOS, 2004).

Atualmente, temos definido a linha SEA como um tipo específico de DBR, que possui características próprias. A linha DBR inclui pesquisas envolvendo o planejamento de ações e atividades educacionais

¹⁶ No Brasil, muitos pesquisadores utilizam a versão traduzida do termo: Sequências de Ensino-Aprendizagem (SEA). Neste livro também utilizamos a versão traduzida.

de longo (cursos), médio (planos de ensino anuais ou semestrais) e curto prazo (conjunto de aulas em torno de algum tópico), voltadas para o processo educacional nas diferentes áreas do conhecimento, abrangendo as diferentes disciplinas escolares/acadêmicas. Já a linha SEA, de forma mais restrita e considerando atividades educacionais de curto prazo, estuda sequências didáticas compostas por um conjunto de aulas sobre um tópico específico de ciências.

Há algum tempo, temos percebido que algumas características das linhas DBR e SEA são favoráveis à reflexão não somente dos pesquisadores, mas também dos professores que participam de pesquisas orientadas por essas linhas. Desde 2010, tenho participado e/ou coordenado projetos de pesquisa e extensão que envolvem a construção de atividades e recursos para o ensino de tópicos de ciências, projetos esses que têm como premissa a participação de professores da educação básica. Nesses projetos de pesquisa e de extensão, a linha DBR e, especialmente, a linha SEA têm sido assumidas como referenciais metodológicos, direcionando a forma de desenvolver os projetos.

Nessas experiências, percebemos que as linhas DBR e SEA pressupõem uma clareza sobre as escolhas didáticas feitas no planejamento, de modo que as estratégias e recursos empregados no ensino, com o objetivo de promover a aprendizagem, tenham um sentido que vá além do “faço assim porque parece que vai dar certo”. Em outras palavras, essas linhas de pesquisa lidam com a justificativa das escolhas didáticas, as quais se dão principalmente a partir dos princípios de design. Destaca-se que, na linha DBR e SEA, as próprias justificativas são alvo de análise na pesquisa, podendo ser reconhecidas como adequadas ou não a partir dos resultados da implementação do plano de ensino.

Ao atuar, também desde 2010, na formação inicial e continuada de professores, pude perceber que o processo reflexivo, crítico e analítico característico das linhas DBR e SEA, que ocorre a partir da justificativa de atividades, poderia encontrar lugar, também, na própria ação docente envolvendo o planejamento de seu ensino, seja na elaboração dos planos de ensino, seja na própria interpretação do que ocorre nesse processo de elaboração e na implementação em sala de aula.

Na prática docente, buscar uma justificativa para as escolhas que fazemos, ao definir as atividades, é um caminho reflexivo que permite compreendermos melhor os resultados que obtemos nos processos de ensino e aprendizagem. Em outras palavras, se apenas reproduzimos uma prática e encontramos resultados positivos ou negativos ao implementar em sala de aula, não conseguimos definir muito bem como e porque os resultados foram assim. Tanto é que, frequentemente, propostas inovadoras são abandonadas após os primeiros resultados negativos, simplesmente porque “não deram certo” ou “porque não funcionam nessa escola”. Da mesma forma, propostas inovadoras que dão certo inicialmente tendem a ser reproduzidas exaustivamente, em muitos casos não obtendo os mesmos resultados. Já quando temos as nossas escolhas didáticas justificadas, a nossa interpretação do que ocorre em sala de aula poderá nos fornecer mais que respostas diretas como “funciona” ou “não funciona”: poderemos chegar a respostas que tragam uma interpretação do que e como algo funciona ou não, considerando características e embasamentos específicos em função do contexto, do tópico de ensino e das formas de ensino. Um processo mais consciente, desse tipo, pode nos levar inclusive a reavaliar as próprias justificativas que assumimos no início de um planejamento didático.

A PBD surgiu enquanto uma adaptação das linhas DBR e SEA para mobilizar a reflexão sobre as escolhas didáticas dos professores (formados ou em formação), de modo que viesse à tona um olhar mais profundo e prático sobre o ensino. Conforme trataremos neste livro, a PBD incorpora ideias centrais da linha SEA, tais como losango didático, princípios de design e estrutura didática.

Ao longo dos anos em que temos apresentado e utilizado o modelo PBD, um espaço privilegiado de discussões tem sido os cursos de mestrado profissional direcionados a professores de áreas científicas, em especial de química e física¹⁷. Nesses espaços, um questionamento

¹⁷ O autor deste livro já atuou no Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências Exatas da UFSCar (2014 a 2016), no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo São Carlos da UFSCar (2014 a 2016) e, atualmente, atua no

natural que pode surgir é: *como, de fato, a PBD pode contribuir para a minha prática ou para a pesquisa sobre um produto didático por mim elaborado?*

Para responder a essa pergunta, dedicamos o tópico a seguir.

Do modelo PBD aos estudos envolvendo o planejamento didático: o caso do mestrado profissional

No mestrado profissional voltado a professores, a pesquisa que é desenvolvida pelos mestrandos envolve um estudo sobre a própria prática, em que um produto didático é elaborado e serve de pano de fundo para as reflexões realizadas. Nos trabalhos já realizados em diferentes cursos de mestrado profissional desse tipo, os produtos didáticos elaborados consistem, geralmente, em planos de ensino (sequências didáticas ou unidades didáticas) com propostas de atividades inovadoras, em materiais específicos para serem utilizados em sala de aula (jogos, softwares, materiais táteis, vídeos etc.) ou em materiais de apoio a professores (apostilas, livros, manuais etc.).

No caso dos planos de ensino, eles podem ser elaborados segundo diferentes modelos. Restringindo-se aos modelos de UDM e de PBD, a escolha sobre qual modelo utilizar ocorre, muitas vezes, em função do conjunto de aulas e tópicos de ensino previstos. Considerando que uma unidade didática é composta por duas ou mais sequências didáticas, é natural que se escolha o modelo de UDM quando se pretende desenvolver um plano de ensino que abarque mais de um tópico de ensino; já a PBD é elencada mais comumente quando se pretende focar em somente um tópico de ensino.

Já no caso de produtos didáticos que não são, necessariamente, planos de ensino, o uso de modelos de planejamento didático tem sido muitas vezes dispensado. A nosso ver, isso seria um equívoco. Pensar em materiais de ensino para serem utilizados em sala de aula é pensar nas

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo Sorocaba da UFSCar e no Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Polo Araraquara da Unesp. Foi neste último programa em que muitas das ideias aqui apresentadas foram melhor formalizadas e “colocadas em papel” em meio a discussões em disciplinas de seminários.

próprias situações de uso dos materiais. Em outras palavras, ao empregarmos um material no ensino, não devemos assumir que ele tem um valor somente por suas características. Os materiais de ensino têm valor por suas características, pela forma que são utilizados e com base no contexto em que isso ocorre. Ao afirmar isso, estamos dizendo que nenhum material é “a prova de fogo”.

Um material pode ser, tão somente, potencial em termos de ensino e aprendizagem: esse potencial pode ser concretizado em resultados positivos, a partir da forma como se utiliza e considerando as características dos alunos, do contexto de ensino e do espaço educacional. Assim, entendemos que um material didático, elaborado em um mestrado profissional como um produto didático, deve ser pensado como parte, também, de um planejamento didático que, por mais que não seja o objeto de análise, permitirá uma melhor compreensão sobre os resultados do material elaborado. Sendo assim, entendemos que modelos de planejamento didático são úteis para organizar o uso dos materiais didáticos elaborados enquanto produtos didáticos, dando a eles um real sentido em contextos escolares e, mais do que isso, permitindo melhores condições de análise.

A PBD surge, como já comentado, influenciada por linhas de pesquisa em educação em ciências. Em um mestrado profissional, o modelo PBD faz um caminho contrário, voltando-se àquilo que o originou/influenciou: pode contribuir com o desenvolvimento da pesquisa. O modelo PBD não é um referencial metodológico ou teórico de pesquisa, mas um referencial didático que, na pesquisa envolvendo uma sequência didática, ajudará na elaboração de um produto didático teoricamente orientado, orientação essa que servirá de apoio para justificar e analisar o uso do produto. Esse apoio ocorre, basicamente, pela ênfase da PBD no processo reflexivo de definição dos princípios de design¹⁸.

¹⁸ Conforme veremos em próximos capítulos, os princípios de design envolvem elementos teóricos que são escolhidos em meio a um processo reflexivo e analítico.

A partir de nossa experiência com as linhas DBR e TLS, o que inclui o contato com diferentes pesquisas desenvolvidas nessas linhas, percebemos que dificilmente as publicações apresentam o processo reflexivo, crítico e analítico que leva à escolha dos princípios de design envolvidos. Em geral, essas publicações indicam de forma mais direta quais princípios foram definidos, já tendo de antemão uma fundamentação teórica que norteia o trabalho. É natural que seja assim, pois, como já comentamos, essas pesquisas são elaboradas, como quaisquer outras, segundo tradições e linhas de pesquisa que os pesquisadores seguem. Logo, por mais que nessas pesquisas outros princípios sejam elencados no diálogo com os professores durante o design, o olhar analítico que é o alvo das publicações se volta muitas vezes para aquele elemento teórico que parte da tradição de pesquisa busca investigar. Assim, há um certo “vácuo” procedimental que, a nosso ver, a PBD se dedica a detalhar.

Dito isso, retomamos à pergunta que levou a este tópico: *como, de fato, a PBD pode contribuir para a minha prática ou para a pesquisa sobre um produto didático por mim elaborado?*

Ao planejar segundo o modelo PBD, há um cuidadoso processo de análise sobre o tópico a ser ensinado e sobre o contexto de ensino. Esse processo leva à definição dos princípios de design e, ao fazer isso, direciona a uma “descoberta” de elementos teóricos que sustentarão o planejamento e permitirão uma melhor compreensão dos resultados da implementação. Contudo, essa “descoberta” tem um porquê de estar entre aspas: não se exclui, na PBD, a possibilidade de se ter de antemão algum elemento teórico que, considerado importante pelo professor, espera-se que seja utilizado no planejamento. Nesse sentido, reconhecemos que assim como o pesquisador pode ter elementos teóricos de antemão nas linhas DBR e SEA, o professor também os pode ter ao planejar. Logo, não se trata de uma “descoberta” em seu sentido comum, em que o elemento é revelado após a análise, mas sim de uma descoberta dos motivos para utilizar o elemento teórico como princípio.

A elaboração do plano de ensino ou do material didático em um trabalho de mestrado profissional pode ser feita assumindo alguma

“tradição” de pesquisa que o professor-mestrando-pesquisador pretende incorporar em sua pesquisa de mestrado. Contudo, a reflexão inerente à PBD, em torno de dimensões epistemológica e pedagógica do ensino, (representadas no losango didático a ser tratado no próximo capítulo), permite encontrar motivos para assumir (ou não) tais elementos teóricos da “tradição” pretendida. Eventualmente, essa reflexão pode levar a perceber que o elemento teórico assumirá um papel fundamental no planejamento didático, ou mesmo pode ser percebido que não há justificativas plausíveis para considerá-lo, podendo ser descartado. Em outros casos, a reflexão revelará um papel coadjuvante do elemento teórico, enquanto um princípio de design auxiliar, dando lugar a outro elemento teórico como protagonista no planejamento, ou seja, como um princípio de design estruturador de todas as atividades, até mesmo do encadeamento entre elas.

Vale destacar ainda que, além de alguma “tradição” assumida pelo professor, há também a possibilidade de haver elementos contextuais fortemente relevantes, que levarão, mais facilmente, à definição de princípios de design. Por exemplo, em um contexto de ensino envolvendo uma escola de educação do campo, significados, tempos e espaços característicos podem levar à escolha de referenciais anticolonialistas ou dialógicos. Em outro exemplo, em um período histórico de necessidade de afastamento social devido a uma pandemia, provocando incertezas na educação escolar, são necessárias reflexões e escolhas envolvendo parâmetros relacionados com o ensino emergencial remoto, educação a distância, ensino híbrido ou ensino presencial, entre outros.

Capítulo 3. Losango didático e princípios de design

O modelo PBD possui, como ideias mais básicas, a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem como envolvendo múltiplas relações, às quais podem, de forma simplificada, ser representadas em um losango didático. É nessas múltiplas relações que a reflexão do professor pode evidenciar a indissociabilidade entre teoria e prática, a partir da diversificação e inter-relação entre saberes oriundos não somente da tradição ou da experiência.

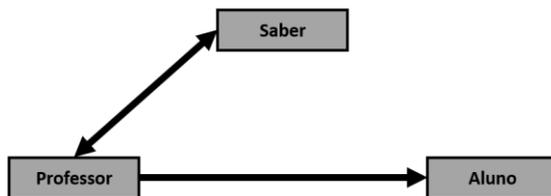
Para melhor evidenciar e aprofundar a articulação e indissociabilidade entre teoria e prática no planejamento didático e as ações reflexivas, inerentes à PBD, partiremos das noções de losango didático e de princípios de design.

O ensino e a aprendizagem: da ponte ao losango didático

Ao longo do século XX, diferentes concepções de ensino e de aprendizagem foram questionadas, elaboradas e reelaboradas. A visão mais criticada e ainda influente até hoje na educação, normalmente rotulada de “tradicional”, é aquela que define o ensino como transmissão de conhecimentos, remetendo quase exclusivamente a práticas expositivas e explicativas do professor, as quais limitam a participação ativa e interativa dos alunos.

Nessa visão mais tradicional, os entendimentos sobre o ensino pelo professor e sobre a aprendizagem pelo aluno seriam semelhantes, respectivamente, a uma ponte e a um depósito de informações. Com isso, o professor, enquanto um caminho entre o saber e o aluno, apresenta (e deposita) o conhecimento aos (nos) alunos. Isso reduz os alunos a um papel de caixas ou depósitos em que podem ser inseridas e armazenadas informações/conhecimentos. Uma representação dessa visão de ensino e aprendizagem é apresentado na Figura 3.1:

Figura 3.1. Representação do ensino e aprendizagem como ponto e depósito.



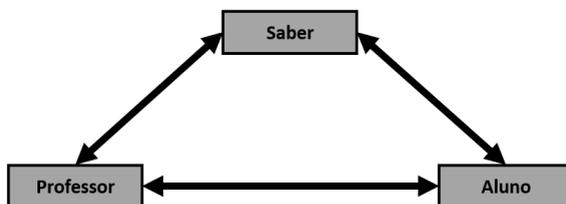
Fonte: Elaboração própria.

Como podemos observar na Figura 3.1, o professor é visto como a única via entre o aluno e o saber e, além disso, o conhecimento que o aluno aprende é unidirecional, partindo do professor para o aluno. Caberia ao professor, nessa visão, transmitir ao aluno um saber que somente ele, o professor (e outros professores e especialistas), teria acesso mais direto. Provavelmente você, leitor, já tem uma ideia clara da inadequação dessa visão. Ao longo do século XX, diferentes pesquisadores em educação, em psicologia e em educação em ciências mostraram, sistematicamente, falhas nesse modelo de ensino e aprendizagem. Na própria formação de professores, a crítica e discussão sobre a inadequação do modelo está mais presente desde a década de 1970, pelo menos.

Atualmente, já temos a clareza de que posturas passivas e não reflexivas dos alunos são limitadoras da aprendizagem. Também já sabemos que a participação ativa e interativa, em que há interação entre os alunos, entre os alunos e o professor e entre esses agentes e o mundo ao redor, possibilita aprendizagens com mais significados e valores: no processo interativo, o aluno coloca em ação suas próprias concepções, que são, inclusive, prévias à escola e construídas no cotidiano, relacionando-as com os saberes compartilhados, o que inclui o saber escolar de referência, esperado que seja apropriado pelos alunos. Considerando isso, não há uma relação linear no ensino e aprendizagem, como apresentado na Figura 3.1. O que existem são relações bidirecionais entre professor e aluno, alunos entre si, alunos e saber e

entre professor e saber. A Figura 3.2 ilustra melhor essa visão de ensino e aprendizagem, ainda que focada em somente um aluno¹⁹:

Figura 3.2. Representação do ensino e aprendizagem envolvendo uma dinâmica triangular de relações bidirecionais, com foco em um aluno.



Fonte: Elaboração própria.

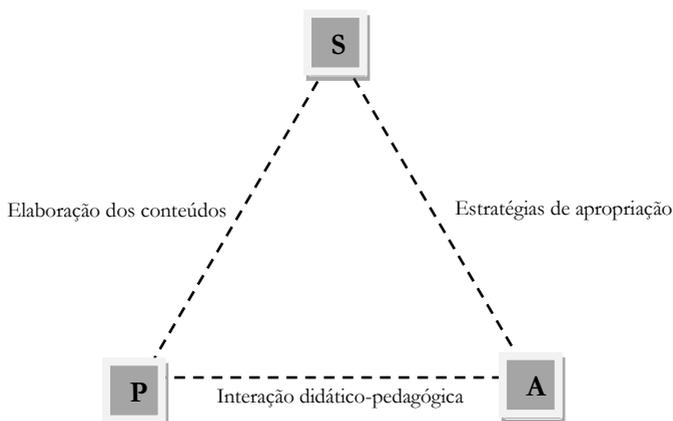
A visão de ensino e aprendizagem representada na Figura 3.2, com uma bidirecionalidade e uma dinâmica em que todos os elementos se conectam, está de acordo com diversas teorias de aprendizagem, metodologias de ensino de ciências e visões sobre a construção de conhecimento que ganharam espaço nas discussões sobre educação desde, pelo menos, a década de 1950.

De fato, essa representação é tão comum que na área de didática geral e na área de didática das ciências (área de pesquisa em ensino de ciências) é conhecida como triângulo didático. Conforme afirmam Astolfi et al. (1992), o triângulo didático tem, para cada vértice, vários campos de investigação: no vértice do aluno há as diversas psicologias da aprendizagem; no vértice do professor há os diversos modelos de ensino e psicossociologia; e no vértice do saber há a estrutura conceitual e a epistemologia do campo de conhecimento em estudo. Em outras palavras, esse modelo estabelece, para a situação de aula, relações entre entes que possuem cada qual o seu próprio detalhamento e pano de fundo. Desse modo, o triângulo didático explicita a complexidade de uma situação de aula.

¹⁹ Pelos limites na representação da complexidade inerente às interações, o esquema apresenta aquela interação interpessoal entre aluno e professor e a interação desses com o saber. Para um contexto de sala de aula, poderíamos pensar em uma rede de conexões em que se adicionam vários outros entes representando cada um dos alunos, com interconexões variadas.

Uma representação mais completa do triângulo didático, ainda considerando somente um aluno, é apresentada na Figura 3.3.

Figura 3.3. Triângulo didático, em que “S” é o saber, “P” é o professor e “A” é o aluno.



Fonte: Adaptado de Astolfi et al. (1992).

Por mais que o triângulo didático seja útil na representação da complexidade do ensino e aprendizagem, um aperfeiçoamento é possível, pois há algo relevante que não é destacado no esquema: a relação que professores e alunos têm com o mundo material, e como o próprio mundo material se relaciona com o saber que é alvo de aprendizagem. O mundo material²⁰ é o “mundo real” que nos rodeia, com seus objetos e fenômenos e com o qual lidamos no cotidiano. Em situações de aula, ele é comumente invocado para ilustrar, explicar e melhor compreender os conceitos e fenômenos descritos pelo saber. Ademais, o próprio saber científico pode ser entendido como uma

²⁰ Utilizamos termos como mundo material e realidade de forma restrita ao campo da didática das ciências. Assim, a proposta do losango didático apresentada se aplica às situações de ensino e aprendizagem em Ciências Naturais, ou seja, em Biologia, Física, Geociências e Química. Para outros campos do conhecimento, como nas Ciências Humanas, a demarcação de uma realidade é mais complexa e, em alguns casos, inadequada. Por exemplo, é inerente ao estudo da Filosofia ir além da realidade material e verificável, em que se baseiam as Ciências Naturais.

construção ancorada no mundo material, para a sua explicação e manipulação.

No capítulo anterior, apresentamos a linha SEA, a partir da qual introduzimos a PBD. Méheut e Psillos (2004), ao apresentarem a linha SEA, utilizam uma representação em que o mundo material ocupa um quarto vértice, transformando o triângulo didático em um losango didático. Ao fazer isso, eles reconhecem, além da dimensão pedagógica, uma dimensão epistêmica²¹ que envolve a relação entre o conhecimento científico e a realidade que nos rodeia.

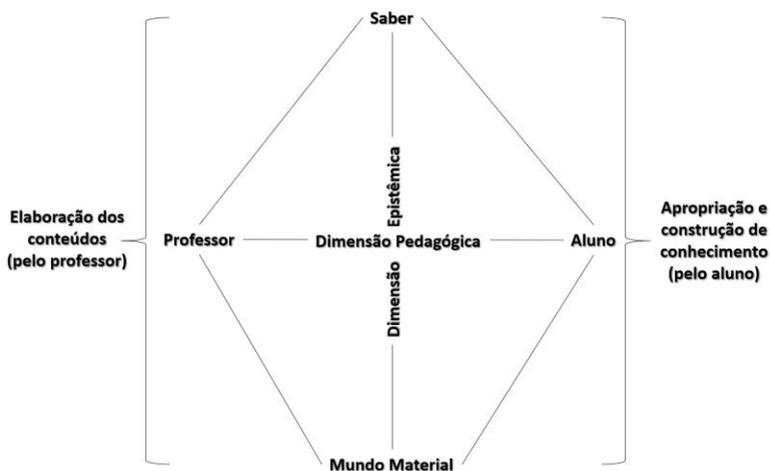
A Figura 3.4 apresenta um esquema elaborado, com algumas adaptações, a partir da representação do losango didático de Méheut e Psillos (2004). Em sua prática didática, que leva em conta o contexto de ensino, o professor (re)elabora os conteúdos, articulando o saber a ser ensinado com o mundo material. Já o aluno, durante o processo de aprendizagem, apropria e constrói conhecimento a partir também de uma articulação entre o saber a ser ensinado, o saber efetivamente ensinado e o mundo material. Assim, no esquema que propomos para o losango didático, explicitamos a elaboração de conteúdos feita pelo professor, a apropriação e construção de conhecimento feita pelo aluno e substituímos o termo “conhecimento”, utilizado por Méheut e Psillos, por “saber”²², mantendo a coerência desse esquema em relação aos anteriormente apresentados.

²¹ Epistemologia, em um sentido estrito, pode ser entendido como o estudo sobre a construção dos conhecimentos, incluindo seus princípios, procedimentos, técnicas etc. Assim, o termo “dimensão epistêmica” se refere à dimensão em que se dá a construção do conhecimento, em sua relação com o mundo material.

²² Não nos dedicaremos, neste livro, a diferenciar “saber” e “conhecimento”. Contudo, assim como faz o pesquisador em educação matemática francês, Yves Chevallard, compreendemos que “saber” se refere a um conjunto de ideias e conceitos que passou por processos de sistematização na comunidade de cientistas (saber sábio) ou que chegou às escolas (saber a ensinar), enquanto que “conhecimento” seria a construção mais individual do sujeito em meio às inter-relações que estabelece entre um saber e o mundo ao redor.

Entendemos que o losango didático, enquanto uma representação²³ da dinâmica, objetos e agentes do processo de ensino e aprendizagem, nos é útil para melhor interpretar o processo educativo. Ademais, articulado com os princípios de design, a reflexão em torno do losango didático é útil para promover uma práxis educativa.

Figura 3.4. Losango didático. Na relação entre professor e aluno (horizontal), há a dimensão pedagógica. Na relação entre o saber e o mundo material (vertical), há a dimensão epistêmica.



Fonte: Elaboração própria com base em Méheut e Psillos (2004).

²³ O losango didático, assim como os demais esquemas apresentados neste livro, envolve abstrações teóricas sobre o ensino e aprendizagem que poderiam ser entendidas como um afastamento de situações concretas encontradas pelos professores em sala de aula (separação teoria e prática). Contudo, o seu uso como ponto de partida para reconhecer as múltiplas dimensões e entes envolvidos no processo de ensino e aprendizagem acaba situando-o como um instrumento a mais na articulação entre teoria e prática que defendemos como necessária na ação docente.

Losango didático, a práxis educativa e os princípios de design

Em nossa proposta do modelo PBD, compreendemos que uma constante reflexão em torno dos entes e relações representadas no losango didático é necessária para promover inovações e adequações no ensino. Além disso, compreendemos que essa reflexão possibilita uma efetivação da práxis educativa, em que elementos teóricos e vivenciais/práticos se inter-relacionam, promovendo mudanças no processo de ensino e aprendizagem.

O conceito de práxis educativa, ainda que muito utilizado em diferentes textos e materiais, nem sempre é bem caracterizado. Isso ocorre, talvez, por se assumir que sua definição já está dada e é consensual. Uma compreensão comum de práxis, que a nosso ver é incompleta, seria a de que ela consistiria na indissociabilidade entre teoria e prática.

De certo modo, a indissociabilidade entre teoria e prática está bem representada nas discussões que Gauthier et al. (2013) fazem sobre os “saberes sem ofício” e o “ofício sem saberes”: a desconexão entre as teorias pedagógicas e o ofício docente seria uma dissociação entre teoria e prática, enquanto a compreensão da docência como permeada por saberes (saberes docentes) se remeteria a uma práxis educativa.

Um ponto que vale ser destacado é que, além da indissociabilidade entre teoria e prática representada nos saberes docentes, há na discussão sobre esses saberes, implicitamente, a indicação de que transformações na educação só ocorrerão a partir da consciência e reflexão em torno dessa indissociabilidade. Esse aspecto, para nós, completa a noção de práxis educativa: reconhecemos que a práxis educativa não se resume, tão somente, à indissociabilidade entre teoria e prática. A práxis educativa envolve a indissociabilidade entre teoria e prática e a conscientização sobre essa indissociabilidade como um pré-requisito para pensar e colocar em ação transformações educacionais e didáticas.

No modelo PBD, é levada em conta essa compreensão de práxis educativa, ao considerarmos necessárias as reflexões que podem levar a

transformações no ensino, tornando-o um processo mais consciente para o professor e alunos. Para isso, as reflexões devem se dar em torno da atividade real do professor, em que as consequências das ações docentes são interpretadas reconhecendo a complexidade do processo de ensino e aprendizagem, representado pelos entes e pelas múltiplas relações presentes no losango didático.

Essas reflexões não devem ser desconectadas do olhar teórico e da produção de conhecimento sobre a educação. É em um contato com aspectos teóricos que a PBD busca mobilizar uma reflexão que gere transformações no meio (do micro da sala de aula ao macro educacional), ao mesmo tempo em que o professor se autotransforma pela elaboração de conhecimentos. Esse posicionamento reflexivo situa o professor não como um aplicador de técnicas, mas como um pesquisador sobre sua própria prática que, em sua ação docente, busca planejar situações com significado e que possibilitem aprendizagens, a partir de um olhar dual, teórico e prático.

Para ilustrar a compreensão do professor como um pesquisador de sua prática, podemos lançar mão de um exemplo no âmbito das discussões sobre o estágio supervisionado na formação de professores. Pimenta e Lima (2006) questionam, retoricamente, se seria possível a realização de um estágio docente na forma de pesquisa. Para as autoras, o estágio supervisionado pode ser entendido como uma aproximação entre uma realidade e uma atividade teórica, em que, em lugar da simples observação de aulas ou aplicação de técnicas, há de se refletir e discutir aquilo que se observa e se faz durante o estágio, elencando para isso as teorias. Em uma perspectiva da práxis, não se trata de reconhecer a teoria como superior à prática, ou o contrário, mas sim de entender a atuação e interpretação, no caso do estagiário, como uma mão dupla em que um conhecimento oriundo da práxis utiliza teoria e prática para alterar as próprias teorias e práticas²⁴. Essa perspectiva das autoras

²⁴ Essa concepção de estágio supervisionado já encontra lugar em muitas universidades em nosso país. Por exemplo, em alguns cursos de licenciatura da UFSCar há, além das atividades realizadas no campo de estágio, aulas específicas de estágio com professores na universidade. Nessas aulas, em meio a discussões coletivas, faz-se o movimento rumo

consiste em uma visão de estágio como pesquisa (estagiário pesquisador de sua própria prática), análoga à visão da docência como pesquisa (professor como pesquisador de sua própria prática).

Por mais que não estejamos falando da PBD como parte de estratégias em um estágio supervisionado, o que até seria possível, é relevante destacar que a PBD cumpre justamente o papel de aproximar teoria e prática, situando-as como indissociáveis, em que o professor acaba por analisar criticamente sua própria prática, em uma postura semelhante a uma pesquisa realizada sobre a própria prática tratada. Assim, podemos assumir que a PBD é um modelo de planejamento didático, mas também uma forma de assumir uma postura de pesquisador. É natural que assim seja, afinal, as inspirações para a PBD são oriundas da própria pesquisa acadêmica em torno do planejamento didático (por exemplo, a inspiração na linha SEA).

A PBD assume que o professor deve ser um intelectual, no sentido de que suas reflexões levem a interpretações mais profundas e a transformações nas práticas educacionais, assim como um pesquisador faz na interpretação e formulação de explicações para o mundo ao redor.

Uma vez explicitada a relação entre teoria e prática e a reflexão como inerentes à prática educativa, podemos nos questionar como, efetivamente, podemos mobilizar no PBD um planejamento didático na perspectiva de um professor pesquisador. A resposta para esse questionamento está na noção de princípios de design.

Na linha SEA e na PBD, a escolha dos princípios de design consiste na primeira e fundamental etapa do planejamento didático. Assumimos que os princípios de design atuam como os alicerces do planejamento didático, permitindo uma maior criticidade na escolha e definição de atividades e recursos de ensino. De certo modo, o

à práxis, teorizando o que se observa e o que se faz no estágio. É uma visão de estágio oposta àquela em que estagiários somente observam um número grande de aulas nas escolas, ministrando algumas delas, para somente após apresentar um relatório (quando há) e/ou um documento com assinaturas de presença no campo de estágio para constar o cumprimento da carga horária.

entendimento sobre o que representa o losango didático nos ajuda a compreender os princípios de design e nos permite melhor identificá-los e escolhê-los. Ou seja, a partir do losango didático podemos reconhecer diferentes princípios de design que sustentarão as atividades planejadas para a aula de ciências (química, física, biologia e geociências) em situações concretas de sala de aula.

Conforme comentado no capítulo anterior, os princípios de design são oriundos de diferentes tipos de saberes docentes (GAUTHIER et al., 2013) e podem ser psicocognitivos, socioculturais, didáticos e epistemológicos (PESSANHA, 2017).

Tendo como base as SEA e o PBD, podemos assumir que os princípios de design permeiam o losango didático: são as ideias teóricas que permitem a interpretação do que ocorre nos vértices, nos lados do losango e nas dimensões pedagógica e epistêmica. Além disso, em alguns casos, são teorias que conectam essas partes com a dimensão mais macro da vida cotidiana em sociedade. Por exemplo:

- as teorias de aprendizagem psicocognitivas fornecem princípios psicocognitivos que atuam no vértice aluno e nos lados aluno-saber e aluno-mundo material;
- a epistemologia da ciência fornece princípios epistemológicos, os quais atuam na dimensão epistêmica;
- as teorias e metodologias de ensino fornecem princípios didáticos que atuam, principalmente, no vértice professor e na dimensão pedagógica; e
- as teorias de aprendizagem interacionistas e socioculturais, além de contribuições de outros campos, como a Sociologia, fornecem princípios socioculturais, os quais atuam na dimensão pedagógica, no vértice mundo material, assim como na sociedade, que seria o entorno macro em que estão inseridos a escola, os sistemas de ensino, o contexto dos alunos e o próprio losango didático.

Nos capítulos 4, 5, 6 e 7, detalharemos os diferentes tipos de princípios de design. Contudo, para permitir uma melhor compreensão

de sua relação com o losango didático, trazemos alguns exemplos, de forma resumida, de princípios de design definidos no planejamento de sequências didáticas voltadas para o ensino de tópicos de ciências:

- Rodríguez (2012) desenvolveu uma SEA sobre as propriedades acústicas dos materiais considerando (1) o ensino baseado em modelos (modelização); (2) a noção de modelos conceituais; (3) o ensino baseado em experimentos e coleta de dados; (4) a metacognição, de modo que os alunos estejam conscientes do caminho que seguem; e (5) as concepções espontâneas dos alunos, já reveladas em pesquisas, sobre o tópico de estudo. Com base nesses princípios, as atividades envolveram uma gradual construção de conceitos a partir das concepções dos alunos, em um processo em que eles compreendiam os porquês das atividades e as hipóteses e as verificações eram feitas com base em experimentos.
- Em estudos anteriores, elaboramos uma SEA (PESSANHA; PIETROCOLA, 2016; PESSANHA, 2018) para tratar do tema estrutura da matéria, incluindo a discussão sobre os modelos atômicos e os aceleradores de partículas. A SEA teve como princípios de design (1) as noções de fenomenotécnica e de obstáculos epistemológicos do filósofo da ciência Gastón Bachelard; (2) o ensino baseado em modelos (modelização); e (3) as noções de modelos conceituais e modelos mentais. A partir desses princípios, as atividades foram organizadas de modo a permitir que os alunos reconhecessem que os diferentes modelos explicativos para a estrutura da matéria surgiam a partir de interpretações de fenômenos de interação entre radiações/partículas e “entidades” conhecidas. Nesse processo, a técnica de análise de trajetórias era fundamental, tanto nos estudos sobre os modelos atômicos como nos estudos sobre os atuais aceleradores de partículas. Assim, as atividades privilegiaram a técnica de espalhamento e sua análise, com o estudo e elaboração de modelos explicativos, junto à verificação de hipóteses a partir de simulações computacionais de experimentos históricos.

- Já Moreira (2015), que desenvolveu uma SEA para o ensino sobre tópicos de astronomia relacionados com os objetos visíveis no céu, definiu como princípios alguns aspectos: (1) a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (concepções prévias, organizadores prévios, reconciliação integrativa e diferenciação progressiva); (2) a organização de atividades segundo a proposta das UEPS; (3) o uso de jogos no ensino; (4) a aprendizagem baseada em situações-problema; (5) a metacognição, de modo que alunos estejam conscientes do caminho que seguem; e (6) o uso crítico de novas tecnologias e de outros recursos pedagógicos. Os princípios nortearam a escolha de recursos (jogos, simulações e textos) e definiram a organização das atividades com crescente nível de dificuldade, em que variadas situações-problema levavam ao estudo e construção de novos conceitos e explicações. Vale destacar que, nesse exemplo, a SEA construída incorporou, a partir dos princípios de design, o modelo de planejamento didático envolvendo a UEPS, comentada brevemente no capítulo anterior.

Em todos esses exemplos, durante o planejamento das sequências didáticas foram feitas análises para a definição dos princípios do conteúdo científico (análise científica e didática), das concepções espontâneas mais comuns, do contexto e das próprias concepções de ensino e aprendizagem assumidas e compatíveis com o que se pretendia ensinar.

Na PBD propõe-se que essas análises críticas/reflexivas ocorram a partir de questionamentos-chave. O tópico a seguir detalha uma proposta de questionamentos que cumprem esse papel e que levam à definição dos princípios de design.

A Prática Baseada no Design e a definição dos princípios de design

Assim como ocorre nas SEA, a reflexão e a definição dos princípios de design constituem o ponto de partida da PBD. Ao fazer isso, o modelo PBD sustenta que nenhuma atividade deve ser definida

ou organizada e nenhum recurso didático deve ser escolhido ou produzido pelo professor sem que se definam, de antemão, os aspectos que servem de base para as escolhas didáticas, os quais são específicos para cada tópico e contexto de ensino. O processo crítico e reflexivo de escolha dos princípios de design é assumido como um meio para acessar diferentes saberes docentes, oportunizando melhores condições de inovação da prática e contribuindo com uma maior clareza sobre os porquês das atividades e recursos definidos. Vale destacar que a escolha dos princípios ocorre por uma reflexão de diferentes aspectos, incluindo aqueles oriundos da própria prática do professor e do contexto de atuação, ressaltando a natureza praxica da docência.

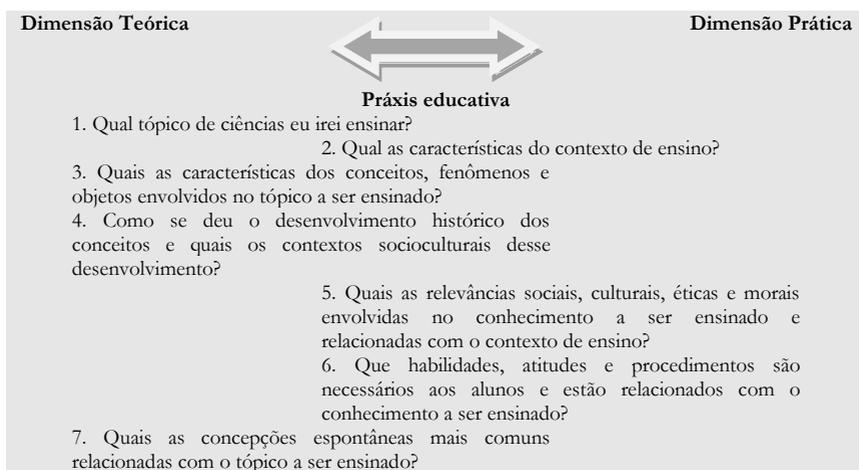
O PBD prevê uma série de questionamentos (Figura 3.5), que, longe de serem os únicos que podem ser feitos, podem mobilizar a busca por formas de se ensinar um tópico específico.

Por mais óbvia que seja a pergunta de número 1 da Figura 3.5, ela demarca um aspecto importante dos estudos envolvendo as SEA e a própria PBD: não há formas universais para ensinar todos os tópicos de ciências. Mesmo se considerarmos os tópicos de uma disciplina científica específica, como a química, as formas potenciais de desenvolver o ensino podem ser significativamente diferentes devido tanto às características dos tópicos como ao contexto histórico e social relacionado ao público-alvo do ensino. Por exemplo, o ensino de tópicos como estequiometria pode ser muito diferente de tópicos como atomística ou entalpia da combustão. Além disso, o ensino direcionado a uma turma de EJA em uma escola localizada em uma região central de uma cidade de médio porte pode ser muito diferente do ensino direcionado a uma turma de ensino regular de uma escola periférica da mesma cidade e ainda mais diferente de uma turma de educação no campo.

Vale destacar que, apesar dos questionamentos propostos e apresentados na Figura 3.5 estarem numerados, eles não devem ser confundidos com um procedimento técnico, envolvendo passos lineares e imutáveis. As perguntas marcam a indissociabilidade entre teoria e prática, atuando como gatilhos de reflexão. Por exemplo, para o ensino da atomística, ao pensar em respostas para a pergunta de número 4, podemos nos apoiar na história e filosofia da ciência, identificando como

os conhecimentos dessa área se construíram historicamente, chegando à conclusão de que o conhecimento relacionado com a atomística se deu pela elaboração e retificação de modelos, tendo como “motor”, em alguns períodos, estudos sobre a interação de partículas subatômicas que eram, aos poucos, previstas, desconsideradas, reveladas, compreendidas etc. Ao fazermos isso, podemos ser levados a pensar em como um ensino que envolva a discussão de partículas elementares do átomo, da semelhança entre átomos ou da distribuição eletrônica pode, pelo menos inicialmente, ocorrer com a discussão de experimentos históricos que levaram ao reconhecimento do átomo como não sendo a menor divisão da matéria. Dessa conclusão, já haveria pelo menos dois princípios, um epistemológico (construção do conhecimento científico a partir de técnicas de interação de partículas, que leva a questionar e elaborar modelos) e um didático (ensino baseado em modelos).

Figura 3.5: Questionamentos envolvidos na definição dos princípios de design.



Fonte: Elaboração própria.

Destacamos ainda que a definição de princípios de design exige algum tempo. Em experiências que tivemos em trabalhos conjuntos com professores da educação básica, em uma reflexão coletivizada, chegamos a necessitar de até quatro horas de diálogos e buscas. Em uma reflexão individual de um professor, o tempo pode ser ainda maior. Contudo,

também reconhecemos que, uma vez que o modelo PBD é incorporado às ações docentes, o planejamento tende a ser mais breve, sem, contudo, prejudicar o processo reflexivo.

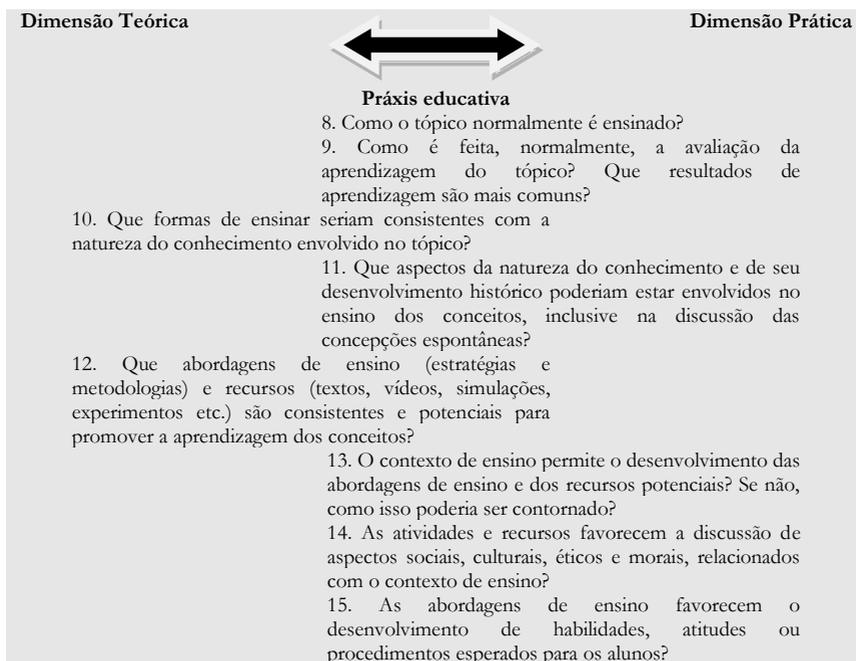
Outro aspecto que vale ser destacado é que no PBD, e também nas próprias pesquisas com as SEA, reconhecemos que um ou dois princípios de design assumem uma maior relevância, de tal modo que acabam por definir muitas das atividades e recursos, assim como a própria forma como as atividades e aulas se conectam. Em outras palavras, alguns princípios escolhidos, segundo o tópico específico de ensino e o contexto, acabam servindo como articuladores de muitas atividades, perpassando toda a sequência didática.

Esses princípios mais relevantes definimos como princípios estruturadores, enquanto os demais, que também influem na definição de aspectos pontuais das atividades e recursos, definimos como princípios auxiliares. No capítulo 8, quando discutiremos a noção de estrutura didática e a necessidade de conectar as atividades, retomaremos essas definições para os princípios de design.

Após a definição dos princípios de design, uma nova etapa é executada no PBD: a definição de atividades e recursos materiais a serem utilizados. Para facilitar esse processo, também temos proposto, no modelo PBD, “questionamentos-gatilho” (Figura 3.6).

Assim como ocorre com os questionamentos propostos para a definição dos princípios de design, as perguntas-chave utilizadas para a definição de atividades são indicativos para a reflexão, e não um processo linear a ser percorrido. Incentivamos que novos questionamentos sejam feitos e que novos caminhos, na reflexão, sejam seguidos, diferentes daqueles que a numeração poderia dar a entender.

Figura 3.6: Questionamentos envolvidos na definição das atividades e recursos, tendo como base os princípios de design.



Fonte: Elaboração própria.

Algumas considerações

A PBD, como já comentado, visa mobilizar uma perspectiva mais crítica e reflexiva no planejamento didático. A partir desse modelo, diferentes tipos de saberes docentes podem ser mobilizados, questionados e avaliados quanto a sua utilidade para o ensino de tópicos específicos de ciências nos contextos de ensino em que os professores atuam.

Em alguns projetos de pesquisa e de extensão que temos desenvolvido, o modelo PBD vem sendo utilizado e tem permitido discussões conjuntas com professores, com trocas de experiências, estudo conjunto e, principalmente, planejamentos compartilhados de sequências didáticas possíveis de serem desenvolvidas nos contextos

reais de sala de aula. Além disso, o modelo tem permitido a elaboração de propostas de ensino mais inovadoras, as quais, inclusive, têm revelado resultados relevantes quando implementadas em sala de aula.

Além da PBD ser um modelo com potencial transformador da prática docente quando incorporada em meio às ações cotidianas dos professores, ela também auxilia no desenvolvimento de pesquisas intervencionistas em educação e educação em ciências. Nessas pesquisas, busca-se investigar e promover ações transformadoras, tendo como base uma íntima relação entre elementos teóricos e elementos práticos e contextuais. Assim, propostas e ideias teóricas e contextualmente fundamentadas são aplicadas em espaços educacionais, e os resultados dessa aplicação são analisados. A relação entre a fundamentação teórica e as atividades ou recursos de ensino pode ocorrer mediante a definição de princípios de design, os quais poderão ser validados ou não a partir dos resultados e análises da própria pesquisa: é na definição dos princípios de design que o modelo PBD apresenta sua maior contribuição para uma pesquisa intervencionista.

Por exemplo, em cursos de mestrado profissional, em que os mestrandos se envolvem na elaboração e estudo de um “produto didático”, o modelo PBD pode contribuir para a elaboração de produtos com fundamentações claras e com maior potencial de aplicação. Com isso, o modelo pode permitir aos pesquisadores, ainda, melhores condições de interpretação dos resultados da implementação em contextos educacionais reais. Isso é possível, inclusive, na elaboração de produtos didáticos que não sejam planos de ensino: o modelo PBD pode auxiliar na tarefa de justificar teoricamente e de definir um “lugar didático” para os recursos didáticos (por exemplo, jogos, simulações, experimentos etc.).

Por fim, vale destacar que, apesar das possíveis contribuições do modelo PBD para o desenvolvimento de pesquisas intervencionistas ou para uma atuação docente como um pesquisador (com postura investigativa, reflexiva e crítica), o modelo não é um referencial de pesquisa. Como já colocado, a PBD é um modelo de planejamento didático e, como tal, traz indicações sobre o ato de planejar, a partir da reflexão em torno de princípios de design e outros aspectos do modelo.

Suas contribuições para a pesquisa e para uma atuação do professor como pesquisador residem na explicitação da práxis educativa e em formas de efetivá-la.

Capítulo 4. Princípios de design epistemológicos

No capítulo anterior, discutimos algumas representações das situações de ensino e aprendizagem, entre as quais há o losango didático. Os princípios de design seriam os aprofundamentos nas relações entre vértices, que, por sua vez, representam o conhecimento (saber), os alunos, o professor e o mundo material. No caso da relação entre o conhecimento e o mundo material, presente tanto na ciência como em sala de aula (estabelecida pelo professor e pelos alunos), há o que chamamos de dimensão epistêmica.

A palavra “epistêmico” deriva do termo mais geral “epistemologia”. Na filosofia, a epistemologia é um ramo de estudo que se ocupa de buscar compreender a construção dos conhecimentos, incluindo os processos e bases envolvidos nessa construção. Assim, a epistemologia da ciência pode ser definida como o estudo sobre a construção dos conhecimentos científicos, seus princípios, técnicas etc.

No losango didático, a dimensão epistêmica marca, portanto, a dimensão em que se dá a construção do conhecimento científico, na ciência e em sala de aula, em sua relação com o mundo material que nos rodeia. Essa dimensão envolve um saber disciplinar que não se restringe aos conteúdos a serem ensinados: inclui também os processos históricos de construção dos conhecimentos que compõem esses conteúdos (GAUTHIER et al., 2013).

O olhar e reflexão sobre a dimensão epistêmica podem culminar com princípios de design epistemológicos que definirão atividades e recursos didáticos para o ensino de um tópico específico de ciências. Para compreendermos um pouco melhor esse processo reflexivo em torno da dimensão epistêmica e, por consequência, reconhecer as possíveis contribuições para a definição de princípios epistemológicos,

nos será útil compreender, primeiro, algumas das visões sobre a construção do conhecimento na própria ciência.

A epistemologia da ciência

Frequentemente, quando ensinamos conceitos científicos, ocupamos pouco tempo de nossas reflexões ou discussões com os alunos para melhor definir o que é a ciência e como se constroem os conhecimentos científicos. Um motivo possível para isso reside na dificuldade em trazer uma definição mais formal para ciência, por mais que ela pareça ser autoexplicativa e, até mesmo, intuitiva.

Quando falamos sobre o trabalho científico com os alunos, não é incomum que acabemos por definir a ciência a partir de seus métodos, com visões mais simplificadas, ou mesmo ressaltando suas contribuições para a sociedade. Abordar, no ensino de ciências, as contribuições desse saber para a sociedade e os métodos por ele utilizados não constitui, necessariamente, um problema. Contudo, tal ação requer uma cuidadosa análise e reflexão, de modo que se tornem aparentes, para professores e alunos, visões mais adequadas sobre o fazer científico.

Desde o século XVI, quando a filosofia natural²⁵ ocupava uma posição de destaque enquanto o campo de conhecimento dedicado ao estudo do mundo material, até os dias atuais, em que a ciência se constitui como um campo à parte da filosofia, diferentes propostas/entendimentos para/sobre o fazer científico foram e são apresentados.

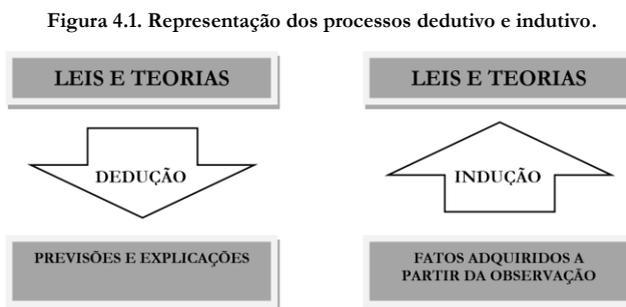
Duas visões que surgiram com a própria ciência moderna marcam muitas das compreensões sobre a ciência que permeiam o senso comum até os dias atuais: o empirismo de Francis Bacon e o racionalismo de René Descartes.

²⁵ A filosofia natural é um campo da filosofia que se ocupa(va) de buscar compreender as causas e princípios do mundo material. É considerada a precursora ou “mãe” das ciências naturais. Muitas dos autores considerados como fundadores das ciências naturais eram considerados filósofos da natureza. Em um exemplo, Newton, um dos pais da Ciência Moderna e da tradição mecanicista, nomeou a sua mais famosa obra como *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural* (conhecida também como *Princípios*).

Para Francis Bacon (1561-1626), em sua concepção de método indutivo, o conhecimento científico devia se construir a partir dos dados obtidos pela experiência sensível, segundo um método científico (indutivo e rigoroso). Em seu método indutivo, os dados são coletados a partir da observação da natureza e organizados racionalmente, gerando explicações gerais ou hipóteses, que podem ser comprovadas a partir da repetição das experimentações. A concepção de método científico de Bacon é reproduzida, com frequência, inclusive em livros didáticos, como o “método da ciência”, em especial em disciplinas científicas como a química e a física, em que a atividade experimental ocupa um papel de destaque na construção do conhecimento.

Já René Descartes (1596-1650), em seu ceticismo metodológico, assumia que o conhecimento científico devia se construir a partir da razão, isto é, os conceitos seriam criados pela mente a partir de um processo dedutivo. Descartes entendia que a razão se ocuparia de verificar se há evidências para um fenômeno ou algo que é estudado, analisando e separando o que é analisado em unidades, agrupando-as novamente em um todo que se mostraria verdadeiro, definindo conclusões e princípios.

A Figura 4.1 representa as construções de conhecimento segundo os processos dedutivo e indutivo, destacando as compreensões opostas entre os dois métodos:



Fonte: Elaboração própria com base em Chalmers (1993).

No processo dedutivo, o conhecimento é resultado de uma validação de premissas definidas a partir de leis e teorias, que levam a

conclusões construídas pela razão. Já no processo indutivo os dados induzirão a um conhecimento, de modo que é necessário observar o que é oferecido pela natureza e/ou experimento e somente a partir disso extrair conclusões lógicas e generalizações (CHALMERS, 1993).

Por mais que os métodos empirista de Bacon e racionalista de Descartes tenham sido importantes para pensar a construção do conhecimento científico, em especial por destacarem e indicarem processos que sustentariam a ciência dos séculos XVI ao XIX, foram inúmeras as críticas recebidas, em especial por ambos pregarem um certo exclusivismo metodológico na forma do fazer científico.

No século XVIII, o filósofo Immanuel Kant (1724-1804), em seu idealismo transcendental, de certa forma trazia uma compreensão de que não havia um indutivismo ou um dedutivismo exclusivos. Para ele, a construção de conhecimento que considera a experiência sensível (tratada no empirismo) se dava a partir do enquadramento do novo em estruturas mentais já existentes (MELLADO; CARRACEDO, 1993).

Inspirado pelo racionalismo e principalmente pelo empirismo, no século XIX, o filósofo Auguste Comte (1798-1857) formulou a doutrina conhecida como positivismo²⁶. Nessa visão, diferentes aspectos que permeavam as percepções sobre a ciência nos séculos XVIII e XIX são destacados: a construção do conhecimento ocorreria de forma linear, em que um saber novo completaria o anterior, em um acúmulo de conhecimentos; o conhecimento permitiria sempre determinar/prever fenômenos, de modo que, uma vez descritos o objeto científico e suas características, sua dinâmica poderia ser prevista, em uma clara inspiração do mecanicismo²⁷ (RHEINBERGER, 2005).

²⁶ Há, no mínimo, dois grandes segmentos positivistas: o positivismo comteano (de Augusto Comte), descrito neste texto, e o positivismo lógico (neopositivismo) surgido no século XX.

²⁷ O mecanicismo é uma ideia filosófica que assume que todos os fenômenos se explicam por uma causa mecânica ou a partir de uma analogia com as causas mecânicas. Origina-se do sucesso da mecânica newtoniana e é empregado na análise do movimento de corpos macroscópicos, ou mesmo de “corpos” microscópicos, como ocorre com a Teoria Cinética dos Gases e sua mecânica estatística.

Contudo, o século XX trouxe grandes problemas para a explicação positivista: os estudos sobre o macrocosmo (relatividade) e o microcosmo (estrutura da matéria e quântica) revelaram que a evolução do conhecimento científico poderia não se dar exatamente de forma linear, e nem mesmo era possível determinar todos os fenômenos a partir de premissas e características previamente definidas.

Ao longo do século XX, vários filósofos da ciência se ocuparam de buscar compreender como se daria, de fato, a construção do conhecimento científico e sua evolução histórica. Além disso, buscaram identificar se havia ou não o que demarcasse a ciência, isto é, o que poderia diferenciar a ciência de outras áreas do conhecimento. Muitos desses filósofos elaboraram suas ideias a partir de uma clara crítica ao positivismo, assim como às posições racionalista e empirista.

Na discussão sobre o que seria ou não ciência, filósofos como Paul Karl Feyerabend (1924-1994) assumiram que não havia a possibilidade de avaliar as teorias científicas, ou seja, demarcar o que seria ou não ciência, pois havia diferenças sociais e culturais entre os contextos em que se dava a construção dos conhecimentos. Já outros filósofos, como Karl Popper (1902-1994), Imre Lakatos (1922-1974) e Mario Bunge (1919-2020), indicavam critérios universais para a demarcação de teorias científicas (MELLADO; CARRACEDO, 1993).

Popper afirmava que na ciência há um método hipotético-dedutivo, em que hipóteses são formuladas a partir de teorias e deduzem-se enunciados que podem ser comprovados mediante alguma observação. Se as observações mostram os enunciados como falsos, refuta-se a hipótese; caso contrário, após extensos testes de falseamento, a hipótese pode ser aceita, ao menos em caráter provisório. Para Popper, seria considerada uma hipótese científica somente aquela que possuísse condições de ser testada, isto é, que fosse falseável (SILVEIRA, 1989).

Mario Bunge também entendia que há, na ciência, um método hipotético-dedutivo. Para ele, na ciência há perguntas e hipóteses bem formuladas e verossímeis elaboradas a partir das teorias. As hipóteses levam à definição de conjunturas bem fundamentadas que possuem condições de serem refutadas pela experiência. Após a submissão das

conjecturas às técnicas (por exemplo, experimentais), seriam analisados os resultados, estimando o alcance das conjecturas e técnicas e determinando em que domínios seriam válidas, chegando à formulação de novos problemas para a pesquisa. Bunge também destacava que, na construção do conhecimento científico, o mundo real é modelizado: no método hipotético-dedutivo, os objetos do mundo são modelizados para serem analisados (objetos-modelo), considerando somente alguns aspectos julgados relevantes; esses objetos modelizados servem de base para a elaboração de modelos teóricos que, por sua vez, levarão à formulação de teorias gerais (PIETROCOLA, 1999).

Ao reconhecerem um método hipotético-dedutivo na ciência, tanto Popper como Bunge assumem que o conhecimento científico não se dá a partir de métodos exclusivamente indutivos ou dedutivos. Além disso, esses autores reconhecem que nenhum conhecimento científico é definitivo: para Popper, como uma hipótese científica precisa ser falseável, sempre seria possível demonstrar que uma hipótese é falsa, mas nunca seria possível mostrar que é verdadeira²⁸. Já para Bunge, não havia sentido em perguntar se o objeto-modelo é verdadeiro ou falso, uma vez que é apenas uma idealização do real. Assim, os próprios modelos teóricos e as teorias gerais discutidas por Bunge seriam, igualmente, idealizações.

Ainda sobre a possibilidade de demarcar o que é ciência ou não, outros filósofos, como Thomas Kuhn (1922-1996) e Gaston Bachelard (1884-1962), entendiam que, de certa forma, não havia critérios universais da própria ciência para avaliar as teorias científicas, mas sim critérios psicológicos, sociológicos e históricos.

²⁸ Ao criticar o empirismo, Popper discute a falseabilidade a partir da metáfora dos cisnes. Segundo ele, se observamos a realidade e percebemos que todos os cisnes que estamos vendo são brancos, pelo empirismo haveria a generalização de que todos os cisnes são brancos. Ou seja, o empirismo levaria a um equívoco, já que há cisnes negros. Assim, para Popper, a conclusão que derivaria de uma generalização pelo indutivismo empirista não seria necessariamente verdadeira.

A partir de sua noção de paradigma²⁹, Kuhn estabelece alguns parâmetros para definir o que seria e como se faz ciência, mas afirma que nem sempre essa delimitação é clara. Para o autor, na evolução da ciência há momentos de estabilidade (ciência normal) em que é possível identificar com mais clareza o paradigma que norteia a ciência, logo, sendo possível demarcar o que ela é. Já em outros períodos (ciência extraordinária), em que há crises e conflitos de paradigmas, isso não seria possível (MELLADO; CARRACEDO, 1993).

Para Kuhn, a partir do aprofundamento e consolidação de um paradigma no período de ciência normal, a atividade científica se depara com aspectos que não consegue explicar. É normal, na ciência, haver ajustes e modificações de teorias para comportar novos fatos. Contudo, há casos em que não há a incorporação e explicação dos novos fatos pelas teorias, de modo que surgem o que Kuhn chama de anomalias. Elas marcam uma crise na ciência e o início de um período de ciência extraordinária: novos paradigmas surgem, os quais empregariam, inclusive, novas formas de fazer e entender ciência. Há uma incompatibilidade (nas palavras de Kuhn, uma incomensurabilidade) entre paradigmas, que revela a descontinuidade na evolução da ciência e que tornaria pouco claro definir o que é ou não ciência no período de ciência extraordinária. As ideias de Kuhn, por mais que tenham recebidas numerosas críticas, trazem contribuições para uma visão de ciência como produção humana³⁰, com conflitos e superações, e com um

²⁹ O conceito de Paradigma de Kuhn é polissêmico em sua própria obra, tendo sido uma das principais críticas que recebeu. Ostermann (1996) afirma que há um sentido amplo para o termo (matriz disciplinar) e um sentido restrito (problemas exemplares), entre os mais de 20 significados para paradigma presentes em sua obra: a matriz disciplinar seria um conjunto norteador da ciência composto por expressões, enunciados, metáforas e analogias, formas de tratamento dos dados, aceitação de erros e referências para julgar teorias. Já os problemas exemplares seriam padrões de soluções de problemas científicos que surgem, na ciência, a partir de uma habilidade em ver semelhanças entre diferentes situações.

³⁰ Ao contrário de Popper, Kuhn assume que ideias científicas não são abandonadas quando são falseadas. A partir de uma visão social, Kuhn enfatiza o papel da coletividade e do conflito de ideias na superação dos paradigmas, destacando, inclusive, que um paradigma só é totalmente superado quando seus últimos defensores morrem.

desenvolvimento histórico em que há uma descontinuidade das ideias científicas (OSTERMANN, 1996).

Outro filósofo que destaca as descontinuidades e o caráter humano da ciência, ainda que sem uma discussão mais profunda da coletividade, é Bachelard. Para o filósofo francês, há na ciência contínuas rupturas do pensamento científico, incluindo avanços e retrocessos, mas que em geral aproximam o conhecimento à realidade material que nos cerca. Ao dar ênfase aos processos mais individuais e “mundanos” em sua discussão sobre a construção do conhecimento científico, Bachelard destaca um caráter mais psicológico em sua epistemologia da ciência. Ao fazer isso, de certa forma, ele destaca que a ciência se desenvolve na medida em que são superados os erros e o que ele chama de obstáculos epistemológicos. Segundo o autor, no fazer ciência, o “espírito científico” (pensamento científico) coloca em ação formas de construir conhecimento que em alguns momentos são úteis e, em outros, impedem que se continue a construir conhecimento, atuando como obstáculos epistemológicos. Bachelard traz também outras noções, como a de fenomenotécnica³¹, que lhe é útil para definir a realidade duplamente teórica e técnica presente na ciência do século XX (LOPES, 1996; RHEINBERGER, 2005; PESSANHA, 2018).

Esses diferentes posicionamentos sobre como se constrói o conhecimento científico trazem contribuições significativas para pensar as formas de ensinar os tópicos presentes nas disciplinas científicas, como é o caso da química, da física, da biologia ou das geociências. Dedicamos as próximas linhas à discussão sobre essas contribuições.

Contribuições da epistemologia da ciência para o ensino: rumo aos princípios epistemológicos

As contribuições da epistemologia da ciência para o ensino, a nosso ver, podem ser divididas em duas ênfases que se complementam: aquela

³¹ No exemplo de atividades elaboradas com base em princípios de design epistemológicos, apresentado ao final deste capítulo, tratamos da noção de fenomenotécnica.

que se refere à importância de se ter o compartilhamento de uma visão mais clara e fidedigna da ciência no ensino; e aquela que nos remeterá às formas de ensino e tratamento dos tópicos específicos.

Em relação à primeira ênfase, uma interessante discussão foi apresentada, no início deste século, por Gil Pérez e colaboradores (2001). Os autores identificaram sete visões deformadas do trabalho científico compartilhadas por professores e discutiram algumas implicações que visões não deformadas teriam para o ensino de ciências. No Quadro 4.1, apresentamos um resumo das sete visões, conforme expostas pelos próprios autores (coluna da esquerda) e inserimos, para cada uma delas, com base nos autores, aquelas compreensões que entendemos ser as mais apropriadas (coluna da direita).

Quadro 4.1: Visões deformadas e não deformadas do trabalho científico.

Visões deformadas	Visões não deformadas
<u>Visão empírico-indutivista e não teórica</u> : nessa concepção, destaca-se um suposto papel “neuro” em que não há ideias, a priori, da observação e da experimentação. Assim, a ciência é entendida como uma construção a partir de dados experimentais que “revelam”, em um processo indutivo, os conhecimentos científicos.	Não há, na ciência, um empirismo puro, em que os conhecimentos resultam de inferências indutivas a partir dos dados obtidos. O sentido dos dados e o próprio processo de coleta/produção deles são orientados por hipóteses e elementos teóricos oriundos de teorias científicas ou mesmo de outras ideias não científicas.
<u>Visão rígida, algorítmica, exata e infalível</u> : define o trabalho científico como um conjunto de etapas a serem seguidas mecanicamente, o “método científico”, e os dados devem passar por um tratamento quantitativo rigoroso.	Não há “o” método científico infalível que, se seguido, revelará os conhecimentos. O que há na ciência é um pluralismo metodológico, com adequações ou inadequações de métodos em função do objeto de estudo e técnicas envolvidas. Além disso, no fazer científico há a ação criativa que nenhum método estabelece, as tentativas, os erros, as dúvidas etc.
<u>Visão não problemática e a-histórica</u> : os conhecimentos científicos são (devem ser) tratados de forma	A construção do conhecimento científico se dá em contextos históricos e envolvendo problemas

<p>desconectada dos problemas que lhes originaram, dos contextos históricos. Ou seja, a discussão científica deveria ocorrer sempre em torno dos próprios conceitos científicos.</p>	<p>científicos genuínos (originários da própria ciência) ou não (oriundo de demandas da sociedade), que permitem, inclusive, melhor compreender os conceitos e ideias científicas.</p>
<p><u>Visão exclusivamente analítica:</u> privilegia o caráter segmentado da ciência, com a divisão de áreas e campos da ciência, considerando que tais divisões são o motor do desenvolvimento científico.</p>	<p>Ao longo da história da ciência, há diversas tentativas de unificação, entre ou dentro de disciplinas científicas, as quais foram fundamentais para a evolução dos conhecimentos científicos.</p>
<p><u>Visão acumulativa de crescimento linear:</u> a evolução da ciência e a própria produção científica é entendida como um simples acúmulo ordenado de conhecimentos, em que os novos conhecimentos completariam os anteriores.</p>	<p>A ciência se constrói por retificações de erros, superações de crises, avanços e retrocessos, com descontinuidades e rupturas e com profundas remodelações de suas ideias.</p>
<p><u>Visão individualista e elitista:</u> os conhecimentos científicos são vistos como criações de gênios, que seriam autores de toda uma teoria, de forma isolada de outros cientistas e das ideias de terceiros.</p>	<p>Há, na ciência, um constante trabalho coletivo e cooperativo, em que nenhum cientista traz à luz ideias isoladas da produção e dos problemas científicos, isto é, nenhum cientista produz sozinho todas as ideias que comporão a teoria da qual, muitas vezes, é considerado autor. As ideias dos cientistas são reverberadas, discutidas, aperfeiçoadas, refutadas ou revalidadas na comunidade científica.</p>
<p><u>Visão socialmente neutra:</u> encara o trabalho científico como um processo estritamente internalista, livre de influências sociais, culturais, ambientais e tecnológicas.</p>	<p>A ciência ocorre em contextos sociais, históricos e culturais, envolvendo múltiplas relações com a sociedade e suas demandas, com a tecnologia e com diversos outros aspectos, os quais mobilizam os cientistas em seus trabalhos.</p>

Fonte: Elaboração própria com base em Gil Pérez et al. (2001).

Passados vários anos da publicação do artigo de Gil Pérez e colaboradores (2001), percebemos que atualmente se torna ainda mais relevante que a educação científica traga uma visão menos deturpada do trabalho científico. A nosso ver, parte dos problemas atuais envolvendo a desvalorização da ciência, os movimentos negacionistas e os movimentos pseudocientíficos e anticientíficos se devem a um desconhecimento de que a ciência envolve conhecimentos sempre incompletos e aproximados do mundo material. Além disso, é desconsiderado que a ciência é uma produção humana e, portanto, suscetível a erros, mas que possui formas de autoavaliação e autocorreção, de modo que identificar um erro na ciência não é um problema, mas sim um caminho de construção de novos conhecimentos.

A reflexão em torno da dimensão epistêmica do losango didático, que levará à definição dos princípios de design, contribui com a desconstrução de ideias pouco apropriadas sobre o trabalho científico e, por consequência, permite o compartilhamento de visões mais adequadas sobre a ciência na educação científica. Destacamos, no entanto, que para além de trazer à tona visões mais apropriadas sobre a ciência, as análises críticas e conceituais da dimensão epistêmica possuem como objetivo trazer ideias para a própria definição de atividades e de materiais que podem ser utilizados.

Em outras palavras, e marcando a segunda ênfase das contribuições da epistemologia da ciência para o ensino, a análise poderá revelar princípios de design epistemológicos, os quais contribuirão para a definição de atividades, estratégias de ensino e recursos didáticos a serem utilizados em sala de aula.

No capítulo 3, apresentamos uma série de perguntas mobilizadoras da reflexão para a definição de princípios de design, entre as quais pelo menos três estão relacionadas mais diretamente com a dimensão epistêmica (Quadro 4.2):

Quadro 4.2. Questionamentos mais diretamente relacionados com dimensão epistêmica, empregados na definição dos princípios de design.

- | |
|---|
| <p>3. Quais as características dos conceitos, fenômenos e objetos envolvidos no tópico a ser ensinado?</p> <p>4. Como se deu o desenvolvimento histórico dos conceitos e quais os contextos</p> |
|---|

socioculturais desse desenvolvimento?

6. Que habilidades, atitudes e procedimentos são necessários que os alunos desenvolvam e estão relacionados com o conhecimento a ser ensinado?

Fonte: Elaboração própria.

Ao responder o primeiro questionamento do quadro (questionamento 3), que trata das características dos conceitos, fenômenos e objetos, normalmente refletimos sobre quão observável são os fenômenos e “objetos” de ensino e, por consequência, quão abstratos ou concretos são os conceitos. Na química, assim como em parte da física, muitos dos tópicos tratados envolvem fenômenos não facilmente perceptíveis, seja por ocorrerem em um período de tempo muito grande ou muito curto, seja por ocorrerem em uma escala de tamanho inacessível diretamente aos sentidos. Contudo, há tópicos em que os resultados dos fenômenos ou os próprios fenômenos são observáveis, ainda que sua explicação necessite de um “olhar” molecular, subatômico ou mesmo subnuclear. A partir dessas primeiras reflexões, as atividades de ensino podem ser pensadas de modo a privilegiar a observação direta do fenômeno e dos “objetos”, quando possível, segundo o tópico de ensino. As atividades também podem ser pensadas a partir da relação entre o imperceptível com o que, minimamente, é possível perceber, envolvendo a explicação sobre o oculto e as consequências não ocultas.

Em outros casos, a reflexão sobre essa mesma pergunta pode revelar, por exemplo, um caráter mais experimental ou teórico do tópico, ainda que essas dimensões se entrelacem na ciência, conforme discutimos. Pensar que um tópico possui um tratamento mais experimental nos leva a reconhecer o caráter mais técnico de produção do conhecimento, a ponto de reconhecermos, por exemplo, a necessidade de compreender a técnica para entender os fenômenos que ela revela. Isso, sem dúvida, possui relevância na forma como organizamos e definimos as atividades e os materiais para o ensino.

Conectado a esse questionamento (3) apresentado no Quadro 4.2, há outro questionamento (4) que indaga sobre o contexto histórico e social em que se deu o desenvolvimento dos conceitos. De forma não incomum, a reflexão sobre o contexto revela problemas muito mais “mundanos” do que aqueles que permeiam a discussão atual no ensino.

Os problemas que originaram os conhecimentos científicos, frequentemente, ou são ignorados ou somente são citados como uma simples aplicação do conhecimento científico, como se eles não estivessem na própria origem da construção do conhecimento.

Um exemplo que vale ser destacado envolve o tópico “química dos alimentos”. Não é incomum discutirmos os benefícios da química para a sociedade, ao citar esse campo da ciência. A química dos alimentos seria responsável por conservar o que comemos por mais tempo, permitindo que os alimentos sejam distribuídos com maior facilidade e com um custo reduzido. Tendo essa ideia como base, muitas vezes o ensino desse tópico segue uma direção da ciência para a sociedade, em que primeiro devem ser compreendidos os processos e compostos químicos para, em seguida, serem aplicados na discussão sobre a conservação dos alimentos. As contribuições da química para a conservação dos alimentos não podem ser negadas, mas também não pode ser contestado que, antes mesmo da origem do que comumente chamamos de química moderna, o ser humano já buscava meios de conservar seus alimentos, de modo que isso pode ser visto como um problema contextual (histórico e social) que antecede e de certa forma contribui para o desenvolvimento da ciência (CHASSOT, 1995).

Longe de cair em um dilema sobre o que viria primeiro, como o popular dilema do ovo ou da galinha, o que buscamos mostrar aqui é que, a partir do olhar sobre como determinado conhecimento científico se desenvolveu, podemos reconhecer alguns aspectos que podem facilitar a discussão em sala de aula, influenciando na própria organização das atividades. No caso da química dos alimentos, uma inversão em que se busca discutir, primeiro, como conservar os alimentos (sem necessariamente utilizar a linguagem científica) para, em seguida, chegar à discussão sobre aditivos e processos químicos poderia se apresentar não somente mais condizente com uma visão contextual da história da ciência, mas também poderia ter um maior potencial em termos de aprendizagem.

Com relação à pergunta de número 6, que trata das habilidades, atitudes e procedimentos necessários que os alunos desenvolvam e que estão relacionados com o conhecimento a ser ensinado, na prática

docente é mais provável que recorramos inicialmente ao saber curricular (GAUTHIER, 2013). De fato, desde a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) no final da década de 1990, muitos documentos oficiais, em especial os currículos oficiais, incluíram tais aspectos com algum destaque, além de trazerem os conteúdos científicos. Como exemplo, no estado de São Paulo, a partir da proposta curricular de 2008, convertida alguns anos depois no currículo oficial do estado, ou mais recentemente, em nível nacional, com a publicação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), as habilidades a serem desenvolvidas pelos alunos ocuparam um papel de destaque. Nesse sentido, o que se apresenta nesses documentos e materiais é útil para pensar, por exemplo, as habilidades a serem desenvolvidas. Contudo, para além dos documentos oficiais, em uma análise da dimensão epistêmica podemos buscar reconhecer, na prática científica e no desenvolvimento histórico dos conceitos ou na ciência e sociedade atuais, aquelas habilidades, atitudes e procedimentos relevantes socialmente e importantes para a efetiva compreensão dos conceitos científicos.

Vale destacar que, para cada tópico de ensino, novos aspectos da dimensão epistêmica podem surgir, de modo que neste texto não é possível abarcar todos. O que temos tentado mostrar aqui é que a reflexão crítica e conceitual sobre essa dimensão traz contribuições para o ensino. Após a análise e reflexão sobre a dimensão epistêmica, específicas para o tópico a ser ensinado, é possíveis que se chegue a princípios de design epistemológicos que direcionarão as escolhas e elaborações didáticas.

Vale destacar que o processo reflexivo não se encerra com a definição dos princípios de design. Reconhecer como efetivamente os princípios poderão influenciar na definição de atividades e materiais didáticos dependerá de novas reflexões. No modelo PBD, há questionamentos relacionados com essa etapa do planejamento didático, também listados no capítulo 3, entre os quais destacamos dois que se relacionam mais diretamente com a dimensão epistêmica (Quadro 4.3).

Quadro 4.3. Questionamentos mais diretamente relacionados com dimensão epistêmica, empregados na definição das atividades, tendo como base os princípios de design já identificados/escolhidos.

- | |
|---|
| <p>10. Que formas de ensinar seriam consistentes com a natureza do conhecimento envolvido no tópico?</p> <p>11. Que aspectos da natureza do conhecimento e de seu desenvolvimento histórico poderiam estar envolvidos no ensino dos conceitos, inclusive na “superação” das concepções espontâneas?</p> |
|---|

Fonte: Elaboração própria.

Ao tratar de formas de ensinar que seriam consistentes com a natureza do conhecimento envolvido no tópico, o questionamento número 10 explicita uma das bases da PBD: não há formas de ensino universais que seriam compatíveis com todos os tópicos de ensino. Logo, as formas de ensinar devem ser definidas a partir dos princípios de design compatíveis com cada tópico e contexto de ensino. No caso dos princípios epistemológicos, as metodologias/abordagens de ensino poderão ser escolhidas, de modo a, por exemplo: permitir uma evolução gradual de modelos explicativos a partir de técnicas; privilegiar processos mais dedutivos ou mais indutivos no caso de conceitos abstratos, buscando relacionar o observável e manipulável com teorias e hipóteses; e partir de problemas sociais amplos que, para discussão e solução, implicam no aprofundamento de conceitos científicos etc.

Para melhor compreender a influência dos princípios de design epistemológicos no planejamento das atividades e definição de materiais de ensino, compartilhamos, ao final deste capítulo, uma sequência didática que possui um princípio epistemológico definido a partir de análises e reflexões sobre um tópico específico de ensino.

Algumas considerações

Os princípios de design epistemológicos são, talvez, aqueles que mais demandam tempo de reflexão e pesquisa. Nos projetos que temos desenvolvido em parceria com professores, um caminho que temos seguido é buscar, na própria literatura em ensino de ciências, assim como nas publicações sobre a epistemologia da ciência, textos que trazem discussões sobre o tópico de ensino que será tratado.

Eventualmente, para um tópico específico, não encontramos discussões aprofundadas na história da ciência, pelo simples fato de o conhecimento tratado no ensino, em sala de aula, não possuir uma correspondência direta com a discussão histórica. Como exemplo, no ensino de física, parte dos estudos sobre circuitos elétricos se detém em racionalizações envolvendo a associação de resistores elétricos ou capacitores elétricos. Na história da física, nenhum cientista dedicou o seu trabalho científico para calcular, exaustivamente, a diferença de potencial atuando em resistores ou a corrente elétrica que percorrem os componentes eletrônicos. Assim, uma busca nos textos de ensino de física e história da física dedica-se não a tentar encontrar referências sobre a construção de um conhecimento mais “algoritimizado” de resolução de problemas, mas sim sobre como se deu, de fato, a construção do conhecimento relacionado, por exemplo, com a noção de resistência elétrica.

Essa reflexão pode levar o professor, inclusive, a reestruturar todo o ensino do tópico. Também é possível, a partir dessa reflexão, reconhecer que há, para o tópico de ensino, um saber específico do ambiente escolar, de modo que um princípio epistemológico não seria relevante, sendo preferível o uso de outros tipos de princípios de design. Na PBD, não é problema que um tipo de princípio de design não seja considerado. O problema residiria em desconsiderar um tipo de princípio de antemão, sem a necessária reflexão conceitual e crítica que levará a pensar as diferentes dimensões e vértices do losango didático.

Exemplo de SEA e princípio epistemológico³²

Entre os anos 2012 e 2013, uma SD intitulada “De Thomson aos aceleradores de partículas” foi desenvolvida e aplicada em sala de aula, em turmas de Ensino Médio na região metropolitana de São Paulo e na educação secundária pós-obrigatória da região metropolitana de Barcelona, na Espanha.

A SD teve, em seu planejamento, um princípio epistemológico que atuou como um princípio de design estruturador, o qual definiu toda a organização didática, sendo decisivo para a escolha e elaboração das atividades (formas e sequências) e dos materiais didáticos que seriam utilizados.

O tópico de estrutura da matéria, incluindo os modelos atômicos, é normalmente tratado na disciplina de química. Contudo, há pouco mais de uma década, propostas curriculares apresentadas nos contextos de ensino em que a SD foi aplicada incluíram esse tópico como parte da disciplina de física, em um movimento pela inserção de temas de física moderna e contemporânea (FMC) no ensino em nível médio.

Professores dos dois contextos, em parceria com pesquisadores (em que me incluía), buscaram analisar de que modo o ensino do tópico poderia ser tratado segundo o caráter físico dos fenômenos, mas também considerando a necessidade de haver uma articulação com o conhecimento químico que os alunos já haviam tido contato nas escolas.

Durante as análises e reflexões, o olhar voltou-se para a dimensão epistêmica, especificamente sobre qual era a natureza daquele conhecimento tratado (estrutura da matéria) e como ele se deu historicamente. Ao buscar na epistemologia da ciência de Gaston Bachelard possíveis respostas para os questionamentos envolvidos na reflexão, identificamos que parte do conhecimento da química moderna,

³² A SD foi desenvolvida em conjunto com professores no âmbito da pesquisa de doutorado do autor deste livro. Algumas publicações que trazem análises e discussões sobre os resultados da pesquisa são: Pessanha (2014), Pessanha e Pietrocola (2016, 2017) e Pessanha (2018).

assim como o mundo “micro” estudado na FMC, possui uma relevância técnica, em que a realidade envolvida não é dada diretamente aos sentidos humanos para ser estudada, mas é técnica e teoricamente construída.

A partir do conceito de fenomenotécnica de Bachelard, percebemos que o estudo sobre o mundo subatômico envolve equipamentos e técnicas que permitem chegar indiretamente a um fenômeno. Indo além, o fenômeno é previsto racionalmente e construído tecnicamente nos próprios equipamentos. Bachelard (1977) define que a realidade estudada, nesse caso, não é fenomênica, isto é, dada aos sentidos (perceptível), mas fenomenotécnica.

Vale destacar que por mais que na ciência anterior ao século XX houvesse técnicas para o estudo científico, os fenômenos e “entidades” estudados eram acessíveis aos sentidos e perceptíveis no mundo material. No caso da fenomenotécnica, o fenômeno é, de fato, produzido no experimento a partir de uma técnica teoricamente orientada que prevê o fenômeno (os fenômenos que ocorrem no interior dos aceleradores de partículas são um exemplo flagrante).

Em específico, nos estudos que levaram aos modelos atômicos e às descobertas das partículas subatômicas, a técnica empregada envolve a inferência sobre algo até então pouco ou não conhecido, a partir de trajetórias que se observavam durante as interações entre o conhecido e o desconhecido. Essa técnica permitiu o conhecimento de diversas propriedades do átomo ao longo do século XX e, até hoje, é utilizada nos aceleradores de partículas. Por mais que se possa afirmar que as partículas que compõem o átomo não surgem ou não são “criadas” nos equipamentos (elas já existem na natureza), as interações e as consequências dessas interações, incluindo interações entre as partículas e entre partículas e equipamento, marcam uma realidade fenomenotécnica que, essa sim, é criada nos equipamentos.

Havendo uma realidade fenomenotécnica, não é incomum que na própria ciência haja a necessidade de discutir o fenômeno ao mesmo tempo em que se discute a técnica que o produziu. Contudo, é incomum que o mesmo ocorra em sala de aula.

Considerando a noção de fenomenotécnica, assumimos como um princípio de design a ideia de que, para um entendimento mais claro e sólido dos conceitos envolvidos no tópico de estrutura da matéria, seria necessário abordar a técnica utilizada pelos cientistas para produzir tal conhecimento. Desse modo, a sequência didática foi toda organizada a partir de uma discussão em que se tratavam, simultaneamente, a técnica e os conceitos. Considerando que em muitos casos a discussão se remeteria a experimentos históricos, as atividades demandaram, ainda, materiais que descreveriam ou representariam os equipamentos da ciência: foram utilizados textos e experimentos analógicos para a introdução da técnica, além de simulações computacionais.

Vale destacar que outros princípios de design foram definidos durante a análise conceitual e crítica envolvida no planejamento didático. Alguns desses princípios são apresentados e discutidos em outros capítulos deste livro.

A seguir, apresentamos o plano de ensino (SD) produzido para o contexto de uma escola da cidade de Guarulhos (SP):

Informações básicas	
Tema:	Estrutura da matéria e aceleradores de partículas (“De Thomson aos aceleradores e partículas”)
Conteúdos disciplinares:	Modelos atômicos; física de partículas elementares (Introdução).
Público-alvo:	Alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual da cidade de Guarulhos (SP)
Descrição do contexto de aplicação:	A escola está localizada em uma região urbana da cidade de Guarulhos (SP), próxima ao Aeroporto Internacional de Guarulhos e a algumas indústrias e comércios de alimentos em atacado. Os alunos possuem entre 17 e 20 anos, são de turmas regulares e não há, entre eles, aqueles que sejam público-alvo da educação especial. Os alunos são de classe média baixa e baixa, oriundos de famílias de trabalhadores, em grande parte, do comércio e da indústria. A sala de aula da turma é espaçosa e possui carteiras que permitem organizações variadas. As salas de aula dispõem de quadro negro e giz, com boa iluminação e sem equipamentos fixos de projeção (há a possibilidade de agendamento de projetores/Datashow para serem utilizados em aula).

Prática Baseada no Design – Márilon Pessanha

	<p>A escola possui uma sala de informática, com computadores funcionais, ainda que antigos. Os computadores possuem acesso à internet, pacote Office e navegadores de Internet com plugins Java e Flash.</p> <p>A escola dispõe, ainda, de quadra poliesportiva e de biblioteca, espaços que, assim como a sala de informática, podem ser utilizados para as atividades escolares, caso sejam reservados. No caso da quadra poliesportiva, seu uso é prioritário para as atividades da disciplina de Educação Física.</p>
Princípios de design:	<p>Princípios estruturadores: Noção de fenomenotécnica; noção de aprendizagem como o aperfeiçoamento de modelos mentais, em direção ao modelo conceitual alvo de ensino.</p> <p>Princípios auxiliares: Noção de obstáculos epistemológicos e sua superação; aprendizagem baseada em modelos (modelização).</p>

Detalhamento do plano		
I. Dados de Identificação:		
Escola: Escola Estadual X [nome ocultado], localizada na cidade de Guarulhos		
Professor (a): Professor Y [nome ocultado]		
Disciplina: Física		
Série: 3º ano do Ensino Médio		
Turma: A [nome ocultado]		
II. Tema geral:		
<ul style="list-style-type: none"> Estrutura da matéria e aceleradores de partículas. 		
III. Objetivos:		
Objetivo geral: conhecer diferentes modelos explicativos para o átomo e para a estrutura da matéria, em uma perspectiva histórica e atual.		
Objetivos específicos: conhecer a estrutura atômica segundo diferentes modelos e suas limitações; reconhecer a técnica de obtenção de informações indiretamente pela interação entre algo conhecido e o desconhecido; entender o funcionamento dos aceleradores de partículas e seu papel na ciência contemporânea.		
IV. Programa:		
Etapa (tempo previsto)	Desenvolvimento	Recursos
1 (10)	Para iniciar o tema, os alunos devem ser divididos em grupos com de três a quatro integrantes.	- Computador e projetor; - quadro negro e giz; e - texto elaborado a partir da

Prática Baseada no Design – Márion Pessanha

<p>minutos)</p>	<p>Os alunos devem ser sensibilizados sobre a importância de estudar o tema. Para isso, em grupo, eles deverão ler o texto proposto, discuti-lo e responder aos questionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Por que é importante estudar a composição da matéria?</i> • <i>De que forma podemos conhecer a composição da matéria?</i> <p>Depois, deve ser conduzida uma discussão conjunta, com toda a turma, em que os alunos poderão apresentar suas respostas e comentar as respostas dos demais. Nesse momento, caberá ao professor orientar as discussões.</p>	<p>notícia “X-rays help advance the battle against heart disease”³³. A notícia trata de uma pesquisa envolvendo raios X obtidos em um acelerador de partículas, utilizados para investigar melhores medicamentos para o tratamento de doenças coronárias.</p>
<p>2 (15 minutos)</p>	<p>Em continuidade à discussão anterior, será aprofundada a discussão sobre os meios de conhecer a composição da matéria. Para isso, o professor irá expor imagens de radiografias e fotografias (projetadas), questionando os alunos sobre a forma como cada uma das imagens é obtida.</p> <p>Em grupo, os alunos discutirão as imagens e responderão aos questionamentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>O que você vê na fotografia e na radiografia?</i> • <i>Como os aparelhos de raios X obtêm imagens dos ossos da mão?</i> • <i>Para você, qual é a diferença entre a radiação que se utiliza para fazer uma fotografia e a radiação utilizada para fazer uma radiografia?</i> • <i>Como se pode conseguir radiografias com mais detalhes?</i> <p>Em seguida, a turma toda discutirá os questionamentos e compartilhará as respostas dadas em cada grupo. O</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Computador e projetor; - quadro negro e giz; - livro didático; - apresentação de slides com radiografias e fotografias de um mesmo objeto ou parte do corpo (por exemplo, uma mão); e - texto sobre a radiação ultravioleta A, B e C (UVA, UVB e UVC) e o câncer.

³³ Não mais disponível no período em que este livro foi escrito.

Prática Baseada no Design – Márilon Pessanha

	<p>professor buscará articular as respostas e, a partir das ideias dos alunos, em uma exposição dialogada, recapitulará as noções de frequência, energia, comprimento de onda e espectro eletromagnético.</p> <p>É esperado que os alunos consigam relacionar a energia e o comprimento de onda de uma radiação com a sua penetrabilidade na matéria.</p>	
<p>3 (45 minutos)</p>	<p>No experimento analógico, os alunos devem pensar em um método experimental para descobrir a forma, tamanho e existência de detalhes em um objeto geométrico escondido sob uma superfície de madeira, dispondo apenas de bolas de gude de diferentes tamanhos, papel e lápis. Para isso, inicialmente eles devem discutir e responder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Como você determinará o tamanho do objeto?</i> • <i>Como você descobrirá a forma do objeto?</i> • <i>Como você detectará se os objetos têm detalhes menores?</i> • <i>Como você poderia confirmar as suas conclusões sobre a forma e a medida do objeto sem vê-lo?</i> <p>Após a discussão em grupo, a turma compartilhará as suas respostas. Caberá ao professor auxiliar na articulação, de modo a chegar ao método a ser utilizado por toda a turma: estimar o tamanho, forma e detalhes de um objeto escondido, a partir da análise da trajetória de bolas de gude contra ele lançadas. Neste método, com marcações em uma folha de papel colocada sobre a madeira, os alunos poderão prolongar os pontos de</p>	<p>- Computador e projetor; - quadro negro e giz; - livro didático; e - experimento analógico – uma descrição sobre o experimento analógico e sua montagem está disponível no artigo “Espalhamento de Rutherford na sala de aula do Ensino Médio”, de autoria dos professores Maxwell Siqueira e Maurício Pietrocola, publicado na revista <i>Física na Escola</i>.³⁴</p>

³⁴ Ver Siqueira e Pietrocola (2010).

Prática Baseada no Design – Márilon Pessanha

	<p>entrada e saída das bolas de gude, determinando o ponto em que colidem com a forma. A repetição do processo com várias trajetórias permitirá obter as informações sobre o objeto.</p> <p>Uma vez definido o método, os alunos realizarão o experimento em grupo. É esperado que cada grupo realize o experimento para a descoberta de dois objetos diferentes, de modo a poder comparar seus resultados com aqueles obtidos por outro grupo da mesma forma. A comparação do resultado permitirá discutir o papel da coletividade na ciência, na comparação de ideias, previsões, resultados, modelos etc., confirmando-os ou não.</p>	
<p>4.1 (20 minutos)</p>	<p>A partir de uma exposição, introduzir a ideia de modelo atômico. Em uma perspectiva histórica, apresentar brevemente o modelo atômico de Dalton, destacando suas limitações. Destacar a descoberta do elétron a partir do interesse por compreender os raios catódicos e a proposta do modelo atômico de Thomson.</p> <p>Depois, em grupo, os alunos deverão discutir uma figura que traz o mapa de trajetórias esperadas para uma partícula carregada eletricamente lançada contra um átomo, segundo o modelo de Thomson. Em uma contextualização histórica, o mapa de trajetória é apresentado aos alunos como as previsões que Rutherford, Geiger e Marsden poderiam ter feito para o experimento que realizariam, em que buscavam estudar radioatividade e as partículas alfa.</p> <p>Na discussão, os alunos devem, a partir da imagem do mapa de trajetórias, indicar como Rutherford explicaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>que as partículas alfas conseguiriam atravessar o átomo;</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Computador e projetor; - quadro negro e giz; e - livro didático.

Prática Baseada no Design – Márilon Pessanha

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>que quando as partículas alfas atravessavam o átomo se desviavam um pouco;</i> • <i>que as partículas alfas que não atravessavam o átomo também se desviavam.</i> <p>A ideia da atividade é que os alunos tenham uma clareza sobre o que era esperado que ocorresse no experimento histórico envolvendo o espalhamento de Rutherford.</p> <p>Após a discussão em grupo, as respostas serão compartilhadas com toda a turma. Com base nas previsões dos alunos, o professor irá introduzir o experimento de Geiger-Marsden, levando-os a perceberem o que seria esperado no experimento.</p> <p>Algumas perguntas-chave que serão feitas são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Tendo em conta o modelo de Thomson, em que ângulos deveria ser colocado o visor para obter a maioria de flashes possíveis?</i> • <i>Segundo o modelo de Thomson, era esperado obter um flash com ângulos grandes?</i> <p>Nesse momento deve ser retomada brevemente a discussão da técnica de análise de trajetórias, empregada na ciência, que foi destacada na etapa anterior da sequência didática.</p>	
<p>4.2 (30 minutos)</p>	<p>Em continuação à aula anterior, os alunos deverão se reunir em seus grupos e realizar uma atividade com base em uma simulação do experimento de Geiger-Marsden. Na atividade, os alunos deverão verificar se as previsões levantadas na aula anterior foram comprovadas ou não, em parte ou totalmente. Algumas perguntas que norteiam a atividade são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>O que se observa quando o visor é</i> 	<p>- Computador e projetor; - quadro negro e giz; - livro didático; e - simulação computacional “Rutherford Scattering”.</p>

	<p><i>colocado com ângulos pequenos?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>O que se observa quando o visor é colocado com ângulos grandes?</i> • <i>Como você explicaria os resultados obtidos quando o visor é colocado com ângulos grandes?</i> • <i>Naquele momento histórico já se sabia que a partícula alfa era muito maior e mais massiva que os elétrons, e que ambos eram muito menores que o átomo. A partir dessa informação, você poderia acrescentar algo à explicação que fornecer na questão anterior?</i> • <i>Pode-se concluir que o modelo atômico de Thomson está de acordo com os resultados que foram obtidos com a simulação?</i> • <i>(Predição) Faça uma proposta de um novo modelo de átomo baseando-se naquilo que você imagina que Rutherford propôs para explicar os resultados obtidos no experimento. Faça um esquema de sua proposta.</i> <p>Após utilizar a simulação, cada grupo de alunos deve expor suas conclusões. Em uma discussão conjunta, deve ser destacada a inadequação do modelo atômico de Thomson. Os alunos apresentarão sua proposta de átomo, com o professor articulando discussões, de modo que se reconheça a necessidade de concentração de carga no interior do átomo: um núcleo de carga positiva.</p>	
<p>4.3 (50 minutos)</p>	<p>Com base no modelo atômico de Rutherford, deve-se propor uma atividade em grupo, em que os alunos devem explicar de que forma o núcleo atômico desvia partículas carregadas positivamente.</p>	<p>- Computador e projetor; - quadro negro e giz; - livro didático; e - simulação computacional “Up Close Rutherford Scattering”.</p>

	<p>Alguns questionamentos guiarão a discussão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>(Predição) O que acontece quando nos fixamos somente em um núcleo atômico? Imagine que fazemos um zoom dos bombardeios das partículas alfa lançadas contra os átomos e nos fixamos no que passa na zona próxima ao núcleo de um dos átomos. Como você acha que serão as trajetórias das partículas alfa? Represente-as no esquema abaixo, para seis partículas alfa em diferentes posições iniciais.</i> <p>Com o uso de uma simulação computacional que representa a interação entre partículas alfa e um núcleo atômico, os alunos irão discutir, em grupo, pontos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Compare a predição que você fez na questão anterior com os resultados da simulação. Que diferenças e semelhanças existem?</i> • <i>Que forças atuam sobre a partícula alfa quando essa se aproxima do núcleo?</i> • <i>Desenhe o vetor força elétrica atuante sobre a partícula alfa para três posições específicas dessa partícula: uma próxima ao início da trajetória (mais à esquerda), uma próxima ao núcleo e outra após o desvio.</i> • <i>Como você mudaria a trajetória e o esquema de forças anterior se a carga do núcleo fosse menor?</i> • <i>Sem utilizar a simulação, o que você acha que ocorreria se mudássemos a energia das partículas alfa incidentes?</i> <p>Depois, em uma discussão conjunta, os alunos poderão expor suas explicações.</p>	
--	--	--

Prática Baseada no Design – Márion Pessanha

	<p>Para facilitar a formação de uma explicação comum e cientificamente correta, deve ser recapitulada a ideia de força elétrica.</p> <p>Em continuidade, deve ser exposta a descoberta dos prótons assim como o modelo atômico de Bohr, ressaltando para este último os problemas científicos que mobilizaram sua elaboração. O professor ainda discutirá, em uma exposição dialogada, outros modelos mais modernos de átomo, ressaltando as motivações para que fossem propostos.</p>	
<p>5 (25 minutos)</p>	<p>Nesta atividade, a partir de questionamentos que são propostos e com o uso de uma nova simulação computacional, busca-se comparar a técnica empregada tanto no experimento analógico como no experimento histórico de Geiger-Marsden.</p> <p>Os seguintes questionamentos deverão ser discutidos antes do uso da simulação computacional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Que aspectos do experimento analógico foram considerados no experimento de Geiger-Marsden?</i> • <i>Que aspectos do experimento analógico não foram considerados no experimento de Geiger-Marsden?</i> <p>Após o uso da simulação, a qual permite representar exatamente o experimento analógico que os alunos desenvolveram, os alunos deverão discutir e responder questões como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Que diferenças são observadas nas trajetórias obtidas neste caso e no núcleo do átomo de Rutherford?</i> • <i>Que explicação pode ser dada para essas diferenças?</i> <p>Após a atividade em grupo, o professor</p>	<p>- Computador e projetor; - quadro negro e giz; - livro didático; e - simulação computacional “Scattering and Structure”.</p>

Prática Baseada no Design – Márilon Pessanha

	<p>guiará uma discussão dialogada, com ênfase na técnica. O intuito é que os alunos percebam que a mesma técnica básica da análise das trajetórias é utilizada, até hoje, nos modernos aceleradores de partículas para o estudo da estrutura da matéria.</p>	
<p>6 (25 minutos)</p>	<p>Nesta última etapa, a partir de uma exposição dialogada e com o uso de imagens que representam resultados dos aceleradores de partículas, como o LHC, discute-se o que são os aceleradores de partículas e como eles funcionam.</p> <p>O seguinte questionamento serve de gatilho para as discussões:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Que diferenças e semelhanças há entre o método experimental de Geiger-Marsden e a maneira de trabalhar de um acelerador de partículas como o LHC?</i> <p>Considerando que há na cidade de São Paulo um acelerador de partículas, o PELLETRON (Instituto de Física da USP), discute-se com os alunos alguns estudos realizados nesse acelerador. Além disso, é feita uma comparação entre o LHC e o PELLETRON, a partir da pergunta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Que diferenças e semelhanças existem entre a maneira de trabalhar nos aceleradores de partículas LHC e Pelletron?</i> <p>Por fim, o professor faz um fechamento da discussão, ressaltando que o conhecimento obtido na área de estrutura da matéria não é um conhecimento acabado e que novas descobertas e aplicações podem ser feitas, como aquela tratada no início das aulas relacionada ao estudo de fármacos para o tratamento de doenças coronárias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Computador e projetor; - quadro negro e giz; - livro didático; e - animação computacional “Large Hadron Collider”.
<p>V. Avaliação:</p>		

Será efetuada uma avaliação formativa ao longo de toda a sequência, com base nas respostas que os alunos dão para todas as perguntas que guiam a atividade. Ao longo da sequência didática, os alunos anotam suas respostas em papel, o qual é entregue ao professor para a análise.

Obs.: a abordagem contextual e histórica envolvida em toda a sequência deve facilitar a compreensão do conteúdo, permitindo uma associação entre os diferentes conceitos, fenômenos e objetos (partículas, experimento etc.). De certa forma, é essa inter-relação que deve ser alvo de avaliação.

VI. Bibliografia:

Bibliografia básica

JOHANSSON, E. **Hands-on-CERN Project**. 2006. Disponível em: <http://hands-on-cern.physto.se/>. Acesso em: 8 nov. 2013.³⁵

LIGHTSOURCES.ORG. **X-rays help advance the battle against heart disease**. 2011. Disponível em: https://www.esrf.fr/news/general/bile-symporter/index_html. Acesso em: 8 nov. 2013.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos**: pessoal, social, histórico – volume 3. São Paulo: FTD, 2011.

Bibliografia complementar

BALTHAZAR, W. F.; OLIVEIRA, A. L. **Partículas Elementares no Ensino Médio**: uma abordagem a partir do LHC. Disponível em: http://www.ifrj.edu.br/webfm_send/5299. Acesso em: 8 ago. 2013.

KCVS. **Rutherford Scattering Experiment**. Disponível em: http://www.kcvs.ca/site/projects/physics_files/rutherford/backgrndpreloader.swf. Acesso em: 5 ago. 2013.³⁶

³⁵ Não mais disponível no link original no período em que este livro foi escrito. Contudo, o conteúdo do site está disponível em https://physicsmasterclasses.org/exercises/hands-on-cern/hoc_v21en/index.html Acesso em: 24 jan 2023.

³⁶ Não mais disponível no período em que este livro foi escrito.

Capítulo 5. Princípios de design psicocognitivos

Ao longo da segunda metade do século XX, a reflexão sobre o ensino e a aprendizagem de ciências incorporou contribuições de diferentes áreas do conhecimento. Entre essas áreas, a psicologia foi, talvez, aquela que mais influenciou a área de educação em ciências.

As contribuições da psicologia para o ensino de ciências são tão marcantes que, além de ideias dessa área fundamentarem muitas pesquisas no campo da educação em ciências entre as décadas de 1970 e 1990, os cursos de formação de professores possuem, até hoje, disciplinas que discutem a psicologia da aprendizagem.

A psicologia da aprendizagem integra o reservatório de saberes docentes mobilizados por professores, sendo parte dos saberes das ciências da educação (GAUTHIER et al., 2013). Autores como Burrhus Skinner, Jean Piaget, Lev Vigotski, David Ausubel, Carl Rogers, entre outros, são frequentemente discutidos na formação inicial de professores e elencados como suporte nos discursos sobre educação. Esses autores se situam em diferentes linhas da psicologia, as quais tratam de aspectos como: o condicionamento do comportamento humano (Skinner); a interação humana e a relação entre linguagem e a construção do pensamento (Vigotski); os processos cognitivos e o construtivismo (Piaget); os processos cognitivos na inter-relação entre o já conhecido e o que se espera que seja conhecido (Ausubel); e a valorização do ser humano, sua autorrealização e suas influências no desenvolvimento humano (Rogers).

Em uma aproximação ao losango didático, as ideias da psicologia atuam, principalmente, em torno do vértice do aluno (posições cognitivistas) ou na dimensão pedagógica (posições comportamentalistas, socioculturais e humanistas).

Centrando-se no aluno e em seu entorno mais próximo, a psicologia cognitiva se destaca na psicologia da aprendizagem. Ao contrário das outras linhas que, ainda que profundamente divergentes, situam-se na dimensão pedagógica e na relação com o meio social mais amplo, pelas suas características e foco, a psicologia cognitiva fomenta um tipo específico de princípio de design: os psicocognitivos. Nos tópicos a seguir, trazemos um recorte resumido sobre alguns dos principais autores e ideias da psicologia cognitiva e sobre o uso das ideias cognitivistas como princípio de design.

Ideias e autores da psicologia cognitiva e algumas contribuições para o ensino de ciências

O termo “cognitivo” está relacionado com o termo mais geral “cognição”, o qual, por sua vez, se refere aos processos mentais de construção de conhecimento. A psicologia cognitiva³⁷ é, assim, aquela que se dedica a tentar compreender como se dão tais processos mentais envolvidos na interpretação e explicação do mundo ao nosso redor. De forma mais precisa, a psicologia cognitiva se dedica a estudar “[...] *como as pessoas percebem, aprendem, lembram-se de algo e pensam sobre as informações*” (STEMBERG, 2008, p. 19).

Na perspectiva cognitiva, a aprendizagem é compreendida “[...] *como um processo dinâmico de codificação, processamento e recodificação da informação*” (PINTO, 2003, p. 9). Assim, compreender como se dá a aprendizagem passa pelo entendimento dos processos cognitivos que permitem a execução dessas operações. Vale destacar que, ainda que se dê relevância aos processos mentais, no cognitivismo reconhece-se, também, a interação desses processos com o meio. Trata-se, portanto, de

³⁷ O ano de 1967 é marcado, normalmente, como o início da psicologia cognitiva. É a partir de um livro denominado *Cognitive Psychology*, do pesquisador alemão Ulric Neisser, que o termo parece ter sido cunhado e a área de conhecimento parece ter sido instituída. Há, contudo, a participação decisiva de outros pesquisadores, como Jerome Bruner, que levaram à consolidação da psicologia cognitiva e ao que ficou conhecido como Revolução Cognitiva.

uma visão que busca compreender resultados da interação entre sujeito e mundo, focada no sujeito (PINTO, 2003).

Um dos principais pesquisadores cognitivistas é o suíço Jean Piaget que, em sua epistemologia genética, ressalta a interação entre sujeito e ambiente como fundamental para o processo de construção de conhecimento. Para tratar dessa interação, Piaget lança mão dos conceitos de assimilação, acomodação e equilibração.

Segundo Piaget (1976), há na mente das pessoas um conjunto de processos que permitem que elas se adaptem e organizem o mundo ao redor. Esse conjunto, definido como esquemas mentais, é uma unidade comparativa relevante para entender o mundo: quando percebemos o mundo, relacionamo-lo com nossos esquemas mentais.

Nessa ação de relacionar o mundo com nossos esquemas mentais, algo corriqueiro e contínuo, não é incomum que lidemos com o novo (objetos, conceitos e ações). O lidar com o novo proporciona um desequilíbrio entre aquilo que já sabemos/temos em nossos esquemas mentais e o mundo. Seja por uma necessidade intelectual, afetiva ou orgânica, tentaremos restabelecer um equilíbrio. Para isso, Piaget define que poderá haver uma assimilação do novo, em que ele se integra aos esquemas mentais já existentes no sujeito, ou poderá ocorrer uma acomodação do novo, em que esquemas mentais do sujeito são alterados ou um novo é criado. Piaget ainda afirma que na aquisição de conhecimento há um equilíbrio entre a assimilação e a acomodação: se tudo fosse assimilado e não acomodado, tudo o que se apresenta como novo seria parte de esquemas mentais bem amplos, com dificuldade de distinções; por outro lado, se tudo fosse acomodado e não assimilado, haveria uma quantidade muito grande de esquemas sem que fossem possíveis generalizações. A equilibração (entre assimilação e acomodação) seria um mecanismo autorregulador do sujeito.

Como exemplo desses processos no ensino de ciências, um determinado dado perceptível, como uma chama de cor violeta³⁸, pode

³⁸ O teste da chama é um método que, por ser simples, é muitas vezes incluído em atividades de ensino de química. É frequente que o teste da chama seja explorado em

provocar o desequilíbrio necessário à aprendizagem: como seria possível uma chama violeta? A investigação em torno do fenômeno poderá levar a sucessivas assimilações e acomodações, proporcionando aprendizagens. Nesse caso, a ideia de que a cor da chama depende do material aquecido e que sua explicação está em um nível atômico seria consequência de um processo de equilíbrio. Considerar a equilíbrio no ensino de ciência poderia, assim, envolver a definição de dados perceptíveis que seriam capazes de provocar desequilíbrios, os quais, como já comentamos, por uma necessidade intelectual, afetiva ou orgânica, levariam à aprendizagem.

As ideias de Piaget exerceram grande influência no ensino de ciências, fomentando a discussão e apresentação de propostas de abordagens de ensino que pudessem se mostrar mais efetivas. Um exemplo é o ensino por investigação e o modelo de planejamento didático de SEI, citados no capítulo 1: a perspectiva piagetiana e a ideia de um ensino baseado na investigação servem de base para a elaboração do modelo. Destaca-se, ainda, que outras ideias sobre a aprendizagem dos alunos, como a noção de estilos de aprendizagem³⁹, possuem influências das ideias de Piaget.

Outro autor de relevância na psicologia cognitiva, muito investigado na pesquisa em ensino de ciências, é o estadunidense David Ausubel. Sua teoria da aprendizagem significativa povoou muitas das discussões sobre o ensino de ciências no Brasil, especialmente entre o final da década de 1970 e meados da década de 1990. Ainda que tenha perdido espaço para outras visões sobre a aprendizagem, em especial

atividades experimentais como uma aplicação e/ou demonstração do conhecimento químico discutido previamente em sala de aula. Contudo, em uma perspectiva piagetiana, o teste da chama poderia ser não o fim, mas o ponto de partida do processo de ensino e aprendizagem: a chama em uma cor incomum seria um estímulo visual que poderia proporcionar um desequilíbrio que levaria à discussão e construção envolvidas nos processos de assimilação e acomodação.

³⁹ Frequentemente a noção de estilos de aprendizagem é colocada como sinônimo ou resultado das múltiplas inteligências. Howard Gardner, o próprio autor da teoria das múltiplas inteligências, critica a noção de “estilos de aprendizagem” quanto a sua utilidade e a diferencia de sua noção de múltiplas inteligências (ver Strauss, 2013).

aquelas que voltam o olhar para as dimensões sociais e epistemológicas da aprendizagem em ciências, a noção de aprendizagem significativa proposta por Ausubel figura como um referencial de destaque.

Assim como faz Piaget para os esquemas mentais, Ausubel define que há uma estrutura na mente das pessoas (estrutura cognitiva) à qual as novas informações se conectam e se integram, ocorrendo, assim, a própria aprendizagem. Ausubel define a estrutura cognitiva como um complexo arranjo organizado de processos cognitivos, a partir dos quais a aprendizagem pode ocorrer e, logo, ser compreendida (MOREIRA; MASINI, 1982; AUSUBEL, 2003).

Em sua teoria, Ausubel (2003) define a noção de aprendizagem significativa como sendo aquela em que o sujeito relaciona uma nova informação com algum aspecto de relevância já existente em sua estrutura cognitiva, de modo que a nova informação se assemelha ou completa conceitos ou ideias preexistentes (subsunçores). Essa noção se opõe à de aprendizagem mecânica, em que a nova informação é armazenada de forma arbitrária na estrutura cognitiva, sem ligar-se a conceitos subsunçores. Além de argumentar em favor de uma aprendizagem significativa, Ausubel aprofunda suas discussões sobre este conceito central em sua teoria ao trazer noções⁴⁰ como: organizadores prévios, aprendizagem subordinada, aprendizagem superordenada, aprendizagem combinatória, processo de diferenciação progressiva, processo de reconciliação integradora/integrativa, entre outros.

Não é intenção deste texto trazer um detalhamento das noções e propostas dos autores aqui destacados. No caso das ideias de Ausubel, nos parece relevante tão somente demarcar que é também na interação entre o sujeito e o mundo, e entre aquilo que já se sabe e o que se busca saber, que o autor situa a aprendizagem. Ademais, vale destacar que a teoria de aprendizagem de Ausubel serviu de base para outras ideias que há anos são aplicadas no ensino de ciências. O caso mais notório é a

⁴⁰ Um glossário com explicações resumidas das noções propostas por Ausubel está disponível em Moreira (2011).

teoria dos mapas conceituais, proposta no final da década de 1970 pelo educador estadunidense Joseph Novak que, baseado na teoria de Ausubel, elaborou formas de representação do conhecimento.

No Brasil, especialmente a partir dos trabalhos do professor e pesquisador Marco Antônio Moreira, da Ufrgs, as ideias de Ausubel foram largamente propagadas, tendo o seu auge na década de 1980. Mais recentemente, fortemente influenciado pelas ideias de Ausubel, Moreira (2011) propôs as UEPS, um dos modelos de planejamento didático apresentados no primeiro capítulo deste livro.

Outra linha psicocognitiva que ganhou espaço na educação em ciências, especialmente no final da década de 1990 e início da década de 2000, foi a investigação em torno da noção de modelos mentais.

Segundo Borges (1997), o termo “modelos mentais” é utilizado na psicologia cognitiva desde pelo menos a década de 1960, mas teria se disseminado a partir da publicação de dois livros, em 1983, ambos intitulados mental models. De acordo com o autor, Gentner e Stevens (1983) trouxeram em seu livro uma coleção de contribuições provenientes de um seminário sobre o assunto, enquanto Johnson-Laird (1983) trouxe em seu livro uma explicação sobre o raciocínio dedutivo e a compreensão de textos, em que a noção de modelos mentais assume um protagonismo.

Johnson-Laird (1983, 2010) afirma que há, na mente das pessoas, um análogo estrutural das coisas do mundo, definido como modelos mentais. O modelo mental consiste em uma réplica de estruturas do mundo, compostas por conjuntos de relações entre objetos e eventos. Assim como ocorre com as ideias de outros autores do cognitivismo tratados neste texto, a noção de modelos mentais envolve uma interação entre processos mentais e o mundo ao redor, com ênfase nos processos mentais para a compreensão da aprendizagem. Conforme destacamos em uma publicação anterior (PESSANHA, 2018), os modelos mentais se constroem pela internalização, mediada pelos sentidos, de informações sobre as relações entre os objetos, fenômenos/eventos e concepções presentes em uma realidade material ou abstrata acessível.

Em uma aproximação às ideias de Ausubel, Greca e Moreira (2000) afirmam que os modelos mentais seriam representações internas que os alunos constroem, sobre uma realidade, mas também baseadas em seu conhecimento prévio (ideias ou concepções preexistentes na estrutura cognitiva) e nas experiências já vivenciadas. Os autores ainda destacam que os modelos mentais são imprecisos e muito instáveis, mas que ainda assim são funcionais, permitindo que se expliquem e se prevejam fenômenos, eventos etc. Nesse sentido, considerar os modelos mentais como envolvidos no processo de ensino e aprendizagem seria uma forma de levar em conta o que os alunos sabem e que relações entre ideias prévias e a realidade poderiam ser estabelecidas de modo a promover a aprendizagem.

Na mesma linha, Clement (2000) entende que o processo de aprendizagem em sala de aula consistiria em um gradual aperfeiçoamento e remodelação de modelos mentais: modelos mais iniciais que englobam as concepções prévias dos alunos são aperfeiçoados, passando para modelos mentais intermediários construídos, aproximando-se daquilo que se espera que seja aprendido, um modelo alvo (modelo conceitual previsto e que é alvo de aprendizagem).

As influências da noção de modelos mentais nas reflexões sobre o ensino de ciências se dão, especialmente, nas abordagens de ensino que buscam tratar o ensino e aprendizagem de ciências como envolvendo a construção e retificação de modelos explicativos. A noção de modelos mentais, assim como compreensões sobre a própria construção do conhecimento na ciência em torno de modelos (por exemplo, as ideias de Mario Bunge tratadas anteriormente), forneceram um solo fértil para abordagens de ensino baseado em modelos⁴¹.

⁴¹ Na reflexão que levará aos princípios de design, não é incomum trafegarmos por princípios de design de diferentes tipos que se complementam. A reflexão sobre noção de modelos, a partir da epistemologia, da psicologia cognitiva e da didática é um exemplo: a partir da epistemologia da ciência podemos reconhecer o conhecimento científico como envolvendo modelos explicativos (princípio epistemológico); a partir da psicologia cognitiva, podemos compreender a aprendizagem como a elaboração de modelos mentais em direção aos modelos científicos (princípio psicocognitivo). Essas

Além dos autores e ideias citadas aqui, há outros presentes na psicologia cognitiva e em sua aplicação no ensino de ciências. No nosso recorte, no entanto, buscamos elencar apenas aqueles que julgamos serem representativos, em especial por terem sido os mais utilizados na pesquisa em ensino de ciências por algumas décadas.

Psicologia cognitiva e os princípios de design psicocognitivos

Longe de ser a única forma de compreender a aprendizagem, a perspectiva cognitiva poderá inspirar a ação didática, atuando como um princípio de design.

Conforme já comentado, nas décadas de 1970 a 1990 a perspectiva cognitiva (psicocognitiva) assumiu uma posição de destaque nas discussões sobre a aprendizagem em ciências. Um dos motivos para isso é, talvez, o fato do cognitivismo trazer uma visão mais estruturada sobre como os alunos aprendem (com foco nos processos mentais), sendo de melhor compreensão e, portanto, de supostamente melhor aplicação em situações de aula, por exemplo, inspirando processos avaliativos diferenciados (avaliação diagnóstica, avaliação processual, avaliação formativa etc.).

Ainda que nas últimas três décadas muitos questionamentos e estudos tenham explicitado uma limitação na aplicação da psicologia cognitiva⁴² no ensino, pensar sobre como os alunos aprendem, centrando-se neles próprios, contribui para um planejamento didático mais adequado em termos de sua potencialidade de aprendizagem. Portanto, aspectos provenientes da psicologia cognitiva podem ser selecionados e utilizados no planejamento didático, atuando como princípios de design psicocognitivos.

noções contribuem para justificar e subsidiar a abordagem de ensino baseado em modelos, um princípio de design didático que será tratado em outro capítulo.

⁴² Em geral, as limitações apontadas se referem ao foco mais individual da psicologia cognitiva, que se afastaria do contexto de coletividade de uma sala de aula. Nessas críticas, ressalta-se que há outros aspectos, especialmente sociais e culturais, que seriam mais decisivos no ensino e aprendizagem do que os processos cognitivos e biológicos.

Entre os questionamentos propostos no modelo PBD para a reflexão e análise envolvida na definição de princípios de design, não há um específico sobre como os alunos aprendem. Um questionamento dessa natureza poderia ser inserido em meio às reflexões já que, conforme destacamos, as perguntas propostas não são as únicas a serem feitas. Contudo, assinalamos dois questionamentos que, indiretamente, remetem à aprendizagem dos alunos em uma perspectiva cognitiva (Quadro 5.1):

Quadro 5.1. Questionamentos que podem levar aos princípios de design psicocognitivos.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">6. Que habilidades, atitudes e procedimentos são necessários que os alunos desenvolvam e estão relacionados com o conhecimento a ser ensinado?7. Quais as concepções espontâneas mais comuns relacionadas com o tópico a ser ensinado? |
|---|

Fonte: Elaboração própria.

Entendemos que a reflexão em torno das habilidades, atitudes e procedimentos que seriam necessários que os alunos desenvolvessem envolve, inevitavelmente, a reflexão sobre como esse desenvolvimento de fato poderia ocorrer. Na perspectiva cognitiva, essa reflexão é orientada pelo entendimento dos processos mentais na apropriação do mundo exterior à mente. Além disso, a palavra “desenvolver”, em uma perspectiva cognitiva, remete a um processo mais construtivo do próprio aluno, que poderá assimilar ou acomodar novos estímulos (utilizando termos de Piaget), relacionados com formas de pensamento e ações no mundo.

Do mesmo modo, ao considerarmos a pergunta de número 7, que se refere às concepções espontâneas dos alunos, estamos assumindo uma perspectiva de aprendizagem que considera aquilo que o aluno já sabe como um componente relevante para o desenvolvimento da aprendizagem. Assim, além de buscarmos o farto conjunto de concepções que alunos possuem sobre os conceitos científicos, já reveladas na literatura em educação em ciências, podemos elencar, por exemplo, as ideias de Ausubel na reflexão, auxiliando nas escolhas didáticas para lidar com as concepções espontâneas.

Assim, as reflexões em torno dessas perguntas podem levar a princípios psicocognitivos, sendo possível até mesmo que se chegue a uma pergunta explícita: *o que eu entendo por aprendizagem?*

Ao final deste capítulo, apresentamos como um princípio de design psicocognitivo foi utilizada na mesma SD apresentada no capítulo anterior: a noção de modelos mentais, . Além disso, apresentamos outra SD, a qual foi totalmente estruturada tendo como base as ideias de aprendizagem de Ausubel, inclusive incorporando o modelo de planejamento didático de UEPS.

Algumas considerações

Neste capítulo, buscamos trazer uma síntese com algumas poucas ideias e autores da psicologia cognitiva. As visões de Piaget, Ausubel e a noção de modelos mentais representam, sem dúvidas, um recorte bem restrito da psicologia cognitiva. Ao longo de mais de meio século de desenvolvimento dessa área de conhecimento, diferentes autores trouxeram complementos e novas visões sobre os processos mentais envolvidos na interpretação e significação do mundo, inspirando ideias sobre a aprendizagem.

Autores como Jerome Bruner (modos de pensamento e aprendizagem com vínculos entre o conhecido e o a conhecer), Howard Gardner (múltiplas inteligências), John Gabrieli (neurociências e cognição), além de vários outros, foram precursores de sublinhas do cognitivismo, com diferentes ênfases e tratamentos, os quais poderíamos dedicar muitas páginas para apresentar. Cada um desses autores pode contribuir para a reflexão em torno da aprendizagem dos alunos, podendo inclusive inspirar a definição de princípios de design que, por sua vez, levarão a escolhas didáticas no planejamento do ensino.

Ao optarmos por trazer um número limitado de autores, buscamos apenas ilustrar algumas das ideias base que reconhecemos na psicologia cognitiva, as quais vêm sendo utilizadas, historicamente, com mais frequência no ensino de ciências. Ao fazermos essa escolha, obviamente, estamos excluindo outras ideias relevantes, mas entendemos que elas podem ser alcançadas no processo reflexivo e crítico envolvido na PBD.

Por fim, vale destacar que, assim como comentado no capítulo anterior sobre os princípios de design epistemológicos, a reflexão envolvida na PBD pode levar ao reconhecimento de que há outros saberes docentes, que não aqueles relacionados com a psicologia cognitiva, que seriam mais relevantes de serem considerados no ensino do tópico específico, para um determinado contexto de ensino.

Exemplo de princípio psicocognitivo no ensino sobre estrutura da matéria e aceleradores de partículas

Conforme tratado ao final do capítulo anterior, entre os anos de 2012 e 2013, uma SD intitulada “De Thomson aos aceleradores de partículas” foi desenvolvida e aplicada em sala de aula, em turmas de Ensino Médio na região metropolitana de São Paulo e da educação secundária pós-obrigatória da região metropolitana de Barcelona, na Espanha.

Além do princípio epistemológico relacionado com a noção de fenomenotécnica, o qual permitiu a estruturação da SD, o planejamento didático também teve como base um princípio psicocognitivo: a noção de modelos mentais.

A partir dos trabalhos de John Clement, pesquisador em ensino de ciências, assumimos que a aprendizagem em ciências consistiria em um processo no qual as concepções prévias dos alunos (concepções e modelos espontâneos/alternativos ou já estudados) seriam o ponto de partida para a construção do conhecimento. Neste processo de ensino e aprendizagem, as concepções prévias integram modelos mentais iniciais dos alunos, os quais deverão ser aperfeiçoados, retificados ou superados, em uma gradual aproximação aos modelos conceituais próprios do conhecimento científico. Assim, o ensino deveria ser organizado de tal forma que facilitasse esse processo, ao mesmo tempo em que permitisse ao professor reconhecer se ele de fato estaria ocorrendo.

Nesse sentido, ao longo de todas as atividades privilegiou-se a manifestação dos alunos como uma forma de tentar verificar que modelos explicativos os alunos possuíam, ao mesmo tempo em que as atividades possuíam elementos-chave (evidências) que buscavam demonstrar aos alunos as possíveis inadequações de determinados modelos explicativos.

Exemplo de princípios psicocognitivos no ensino sobre a orientação a partir dos objetos visíveis no céu⁴³

Entre os anos de 2014 e 2015, como parte de um trabalho de mestrado vinculado ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de ciências Exatas da UFSCar, uma SD intitulada “Localização pelo que pode ser visto no céu” foi desenvolvida e aplicada em sala de aula, em uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental de uma escola localizada no interior do estado de São Paulo.

A SD teve como princípios norteadores diferentes aspectos da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (princípio psicocognitivo), que foram articulados considerando os passos previstos no modelo de planejamento de UEPS. Assim, ainda que a SD fosse elaborada tendo em vista a noção de princípios de design, a análise feita pelo professor aproximou o seu planejamento do modelo das UEPS.

Ao considerar a teoria da aprendizagem significativa e o modelo de UEPS, assumiu-se que o ensino deveria permitir aos alunos estabelecer relações entre os novos conhecimentos com aqueles subsunçores que já possuísem em sua estrutura cognitiva. Como nem todos os alunos teriam os subsunçores necessários para o estabelecimento dessas relações, o autor da SD propôs que as primeiras atividades envolvessem o levantamento de concepções prévias e que tivessem materiais que serviriam de organizadores prévios⁴⁴, os quais permitiriam criar novos subsunçores ou organizar aqueles já presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Foram utilizados um questionário inicial, a ser respondido pelos alunos e discutido coletivamente, e um jogo de tabuleiro (criado pelo professor), que cumpriu a função de organizador prévio.

⁴³ Uma explicação detalhada da SEA é apresentada por Moreira (2015).

⁴⁴ Organizadores prévios, noção definida por Ausubel em sua teoria da aprendizagem significativa, são recursos de ensino que potencialmente facilitam a aprendizagem significativa, atuando como pontes cognitivas entre novos conhecimentos a serem aprendidos e aqueles já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Podem ocupar o papel de organizadores prévios, materiais como jogos, textos, mapas conceituais etc.

Em seguida, como parte dos sucessivos processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, as atividades buscaram construir uma definição básica de constelações que se associassem a um aspecto visual das estrelas; contemplaram uma perspectiva cultural (cultura estelar e etnoastronomia); e permitiram reconhecer que as estrelas em uma constelação não são coplanares. A discussão em torno das constelações buscava, também, promover o debate em sala de aula sobre como se orientar a partir do céu noturno e diurno. Além disso, ao discutir o céu diurno, os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integradora foram úteis para definir o movimento aparente do Sol e sua utilidade para a orientação.

Vale destacar, ainda, que a SD possui uma linha de conexão que, segundo seu autor, foi pensada em torno de uma história contextualizada pela qual “[...] *os alunos são colocados diante de situações problema e, em grupos de quatro alunos, devem debater possíveis soluções e ajudar o personagem da história a resolver as dificuldades enfrentadas durante o tempo em que está perdido, depois de seu avião ter caído em território brasileiro*” (MOREIRA, 2015, p. 82). A seguir, apresentamos o plano de ensino⁴⁵ (sequência didática) produzido pelo professor:

Informações básicas	
Tema:	Localização pelo que pode ser visto no céu.
Conteúdos disciplinares:	- O Sol, a Lua, os planetas, as estrelas e as galáxias; - localização de estrelas e constelações; - cultura e constelações; e - movimentos dos astros relativos à Terra – de leste a oeste e a identificação da direção norte/sul.
Público-alvo:	Alunos do 7º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública estadual localizada no interior de São Paulo.
Descrição do contexto de	Escola pública no interior do estado de São Paulo, localizada na mesorregião de Ribeirão Preto. A

⁴⁵ As informações contidas nos dois quadros do plano foram retiradas da dissertação de mestrado do autor da SD. Alguns trechos correspondem literalmente àqueles presentes na dissertação, enquanto outros foram adaptados para a apresentação no formato de plano de ensino que temos utilizado no modelo PBD.

<p>aplicação:</p>	<p>escola foi construída recentemente, mas nos moldes tradicionais, com vários portões e grades. Há poucos recursos tecnológicos disponibilizados para as 12 salas de aula que estavam em funcionamento em 2014, ano em que foi realizada a implementação, como: uma sala de vídeo; uma sala de informática, contendo nove computadores com acesso à internet; um kit móvel com televisão e DVD; e um kit com projetor, som e notebook.</p> <p>Em relação aos alunos, a maioria que estuda nessa escola mora em uma região de periferia e tem uma baixa renda familiar. Há muitos conflitos que precisam ser mediados entre esses alunos, geralmente por indisciplina, drogas e problemas relacionados com a estrutura familiar. Eles gostam de ir à escola; prova disso são alguns eventos que acontecem nos finais de semana, nos quais a grande maioria deles comparece.</p>
<p>Princípios de design:</p>	<p>Princípios estruturadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (concepções prévias, organizadores prévios, reconciliação integrativa e diferenciação progressiva); e - organização de atividades segundo a proposta das UEPS. <p>Princípios auxiliares:</p> <ul style="list-style-type: none"> - uso de jogos no ensino; - aprendizagem baseada em situações-problema; - metacognição que permita aos alunos estarem conscientes do caminho que seguem; e - uso crítico de novas tecnologias e de outros recursos pedagógicos.

Quadro 2. Detalhamento do plano

I. Dados de Identificação:

Escola: Escola Estadual X [nome ocultado], localizada no interior do estado de SP

Professor (a): Raphael

Disciplina: Ciências

Série: 7º ano do Ensino Fundamental, Ciclo II

<u>Turma:</u> A [nome ocultado]		
II. Tema geral:		
<ul style="list-style-type: none"> • Elementos astronômicos visíveis 		
III. Objetivos:		
<p>Objetivo geral: introduzir noções específicas de astronomia sobre o que pode ser observado direta ou indiretamente no céu.</p> <p>Objetivos específicos: reconhecer e diferenciar astros e classificações astronômicas, como Sol, Terra, estrelas, Lua, constelações, galáxias etc.; reconhecer o caráter cultural na definição de constelações; e desenvolver habilidades de orientação pelo céu diurno e noturno.</p>		
IV. Programa:		
Etapa (tempo previsto)	Desenvolvimento	Recursos
1 (50 minutos)	<p>Parte I (5 min.): A aula se inicia com uma exposição do professor, que irá comentar brevemente o tema que será tratado a longo de algumas aulas. Deve-se apresentar a história, contida no material 01-A, que mostra contextualiza uma situação-problema na qual um piloto está perdido e precisa de ajuda para se localizar. Em sua exposição, irá explicar também as atividades que serão realizadas logo em seguida.</p> <p>Parte II (30 min.): Os alunos deverão responder a algumas questões propostas no caderno do aluno do 7º ano: questões 1 e 2 (p. 5) e questões 4 e 5 (p. 6). As questões também compõem o material 02.</p> <p>Parte III (15 min.): Será estabelecida uma discussão conjunta entre alunos e professor sobre as respostas fornecidas em cada questão. Em seguida, em conjunto com os alunos, será elaborada uma tabela (material 03). A tabela será dividida em quatro colunas: corpos celestes; instrumentos de observação; fenômenos naturais; e outros (inclui elementos de um conhecimento não científico).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Material 01-A: História contextualizada de uma situação-problema. - Material 02: Questões inspiradas no caderno do aluno, 7º ano do Ensino Fundamental II, fornecido pelo estado de São Paulo aos alunos da rede pública estadual. - Material 03: Tabela para organizar as concepções prévias em quatro áreas: corpos celestes, instrumentos de observação, fenômenos naturais e outros. - Quadro negro e giz.
2 (100 minutos)	<p>Parte I (10 min.): O professor irá apresentar e explicar as regras do jogo de tabuleiro, o qual será jogado posteriormente pelos alunos. Além disso, o professor deixará claro o objetivo do jogo, que é o de conhecer um pouco mais sobre os “objetos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Jogo de tabuleiro: O Sistema Solar e o Universo. - Material 01-B: O piloto perdido. - Apresentação em Slide: Constelações. - Projetor.

Prática Baseada no Design – Márlon Pessanha

	<p>do espaço” que podemos ver no céu diretamente ou indiretamente.</p> <p>Parte II (10 min.): Os alunos serão separados em grupos com três ou quatro integrantes. Cada grupo receberá um tabuleiro e as peças necessárias para o jogo.</p> <p>Parte III (60 min.): Neste momento os alunos jogarão. A duração de cada partida, possivelmente, será por volta de 30 minutos. Assim, os alunos poderão jogar mais de uma partida ao longo da atividade.</p> <p>Parte IV (20 min.): Após o jogo, se estabelecerá uma breve discussão entre alunos e professor, em que os alunos poderão expor algumas noções e alguns dos elementos astronômicos que estavam presentes no jogo.</p>	<p>- Computador.</p>
<p>3 (50 minutos)</p>	<p>Parte I (5 min.): O professor retomará o questionamento apresentado na primeira aula: “Como podemos nos guiar pelo que conseguimos ver no céu?” (presente no material 01-A). Em seguida, apresentará uma situação-problema (material 01-B), envolvendo uma continuação da história tratada na 1ª aula: o piloto da história está perdido em uma região deserta durante a noite. O professor solicitará aos alunos que pensem em uma forma possível para o piloto se orientar.</p> <p>Parte II (5 min.): Os alunos serão divididos em grupos com quatro integrantes cada e deverão tentar resolver a situação-problema.</p> <p>Parte III (10 min.): Os alunos deverão apresentar algumas de suas ideias que foram colocadas e discutidas nos grupos. O professor deverá motivar o aluno a expor as ideias, sem que responda que forneça nesse momento uma a solução do problema.</p> <p>Parte IV (20 min.): A partir dos elementos apresentados no jogo, o professor deverá apresentar brevemente alguns elementos visíveis no céu noturno que podem ser úteis para se orientar (podem ser utilizada uma apresentação de slides). Em seguida, o professor deverá aprofundar a noção de constelações.</p> <p>Parte V (10 min.): Em uma discussão conjunta com os alunos, o professor retomará a situação-problema (material 01-</p>	<p>- Jogo de tabuleiro: O Sistema Solar e o Universo. - Material 01-B: O piloto perdido. - Apresentação em Slide: Constelações. - Projetor. - Computador.</p>

Prática Baseada no Design – Márlon Pessanha

	b) e guiará a sua solução a partir da ideia de constelações.	
4 (50 minutos)	<p>Parte I (10 min.): Apresentar a atividade que será realizada na aula (material 04), separar os grupos e distribuir os materiais necessários para a construção da maquete. Essa atividade pode ser feita na sala de aula ou, se o professor achar conveniente, pode realizar na sala de informática com os computadores desligados.</p> <p>Parte II (25 min.): Com essa atividade pretende-se mostrar aos alunos que as estrelas das constelações não são coplanares, apesar de parecerem. Assim, os alunos devem construir uma maquete com bolinhas de isopor, palito de churrasco e uma plataforma de isopor com o desenho da Constelação do Cruzeiro do Sul. Após todos construírem a maquete, o professor deve mostrar as diferenças de distâncias entre a nossa observação e a localização das estrelas e pedir para eles refazerem as maquetes com as distâncias corretas.</p> <p>Parte III (15 min.): Pedir para os alunos olharem de cima e de perfil as maquetes e relatar as diferenças. Caso queiram e o professor concorde, esses podem tirar fotos antes e depois da correção das distâncias, para melhor explicarem as diferenças. O professor deve direcionar a discussão para no final concluir com os alunos que as estrelas, apesar de parecerem, não são coplanares.</p>	<p>- Material 04: Maquete do Cruzeiro do Sul.</p> <p>- Material 01-C: Piloto perdido à noite.</p> <p>- Computadores com o software Stellarium instalado⁴⁶.</p>
5 (50 minutos)	<p>Parte I (10 min.): O professor retomará o questionamento apresentado na primeira aula, “Como podemos nos guiar pelo que conseguimos ver no céu?” (presente no material 01-A), introduzindo um novo elemento na situação: o personagem possui um mapa de constelações (material 01-C). Para resolver esse problema, os alunos poderão explorar o software Stellarium. Por isso, o professor deve pedir aos alunos que se organizem nos computadores e que abram o Stellarium.</p> <p>Parte II (30 min.): Os alunos podem</p>	<p>- Material 04: Maquete do Cruzeiro do Sul.</p> <p>- Material 01-C: Piloto perdido à noite.</p> <p>- Computadores com o software Stellarium instalado.</p>

⁴⁶ Disponível em: <https://stellarium.org/pt/>. Acesso em: 15 ago. 2014.

Prática Baseada no Design – Márlon Pessanha

	<p>explorar as opções oferecidas no Stellarium com foco em tentar solucionar a situação-problema proposta no início da aula.</p> <p>Parte III (10 min.): O professor deve debater com os alunos sobre a localização das constelações e encorajá-los a pensar sobre a importância de conhecer a localização das constelações. Lembre-se que nesse tempo deve-se também organizar a sala de informática e encaminhar os alunos novamente para sua respectiva sala de aula.</p>	
6 (50 minutos)	<p>Parte I (5 min.): A aula se inicia com a organização da sala e uma exposição do professor, em que irá explicar a atividade (material 05) que será desenvolvida. Essa atividade permite que alunos construam suas próprias constelações.</p> <p>Parte II (15 min.): Realização da atividade proposta no material 05, envolvendo a construção de constelações.</p> <p>Parte III (10 min.): O professor retomará o questionamento apresentado na primeira aula, “Como podemos nos guiar pelo que conseguimos ver no céu?” (presente no material 01-A), introduzindo um novo elemento na situação: o encontro entre o piloto e um índio (material 01-D). O índio diz que é a constelação da Ema e o piloto diz que é a constelação do Cruzeiro do Sul.</p> <p>Parte IV (20 min.): Discussão e exposição com o uso do software Stellarium. Mostrar outras constelações para um mesmo espaço no céu, como a queixada da anta e a constelação de touro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Material 05: Construindo Constelações. - Material 01-D: O piloto encontra um indígena. - Computador com software Stellarium. - Projetor.
7 (50 minutos)	<p>Parte I (5 min.): Retomar a história. Resolvê-la (fechá-la), considerando somente a orientação pelos elementos visíveis durante a noite.</p> <p>Parte II (5 min.): O professor retomará o questionamento apresentado na primeira aula, “Como podemos nos guiar pelo que conseguimos ver no céu?” (presente no material 01-A), introduzindo um novo elemento na situação: o piloto pernitoiu e não se encontrou. Está de dia! Como ele pode encontrar o sul? (material 01-E).</p> <p>Parte III (5 min.): Os alunos discutirão entre si, em grupo, com o intuito de buscar uma solução para o problema da orientação</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Material 05: Construindo Constelações. - Material 01-E: O piloto perdido de dia. - Computador com software Stellarium. - Projetor.

Prática Baseada no Design – Márilon Pessanha

	<p>durante o dia.</p> <p>Parte IV (10 min.): Discussão conjunta com os alunos apresentando suas ideias.</p> <p>Parte V (25 min.): Discussão e exposição com o uso de animações disponíveis no software Stellarium (constelações do zodíaco, Sol e movimentos aparentes).</p>	
8 (50 minutos)	<p>Parte I (40 min.): Apresentação de slides, de forma não expositiva, em que o professor deve interagir com os alunos buscando vestígios de aprendizagens errôneas, diferenciando ao máximo os assuntos e permitindo uma reconciliação integradora dos conceitos tratados na sequência.</p> <p>Parte II (10 min.): Nessa conclusão o professor deve perguntar aos alunos qual das atividades eles mais gostaram, procurar entender a aceitação delas e o que poderia deixá-las mais interessantes.</p>	<p>- Computador.</p> <p>- Projetor.</p> <p>- Slides: Retomada dos principais conceitos estudados.</p>
9 (50 minutos)	<p>Parte I (5 min.): Instruir os alunos sobre a realização da avaliação somativa e distribuir as folhas com as questões.</p> <p>Parte II (40 min.): Os alunos serão submetidos a responder sete situações/questões abertas formuladas com o objetivo de revelar indícios de sua capacidade de explicação e associação dentro dos conteúdos aprendidos. O resultado da avaliação deve ser analisado, posteriormente, pelo professor.</p> <p>Parte III (5 min.): Recolher as avaliações e organizar a sala para próxima aula.</p>	- Material 06: Avaliação somativa.
<p>V. Avaliação:</p> <p>A avaliação se dará de forma formativa, a partir dos diálogos entre o professor e os alunos, ao longo de dez aulas de 50 minutos. Contudo, para atender às exigências da escola e para facilitar a atribuição de notas, é prevista uma avaliação pontual, de caráter somativo, na última aula.</p>		
<p>VI. Bibliografia:</p> <p><u>Bibliografia básica</u></p> <p>AFONSO, G. B. Astronomia Indígena. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 61., 2009, Manaus. Anais [...]. São Paulo: SBPC, 2009.</p> <p>BRETONES, P. S. (Org.). Jogos para o ensino de astronomia. Campinas: Átomo, 2013.</p> <p><u>Bibliografia complementar</u></p>		

IACHEL, G. O conhecimento prévio de alunos do ensino médio sobre as estrelas. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 12, p. 7-29, 2011.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. São Paulo: SE, 2012.

Capítulo 6. Princípios de design socioculturais

No capítulo anterior, foram discutidos os princípios de design psicocognitivos, os quais envolvem elementos teóricos oriundos da psicologia cognitiva e contribuem para a reflexão sobre como os alunos aprendem e de que forma o ensino pode ser planejado de modo a potencializar aprendizagens.

A psicologia cognitiva não detém, no entanto, a exclusividade na explicação psicológica sobre como as pessoas se desenvolvem e aprendem. Outro ramo de destaque da psicologia é aquele que traz um olhar mais social, histórico e culturalmente situado, desdobrando-se em sublinhas, as quais, com algumas ênfases e autores de destaque, passam a ser referidas como social, sociocultural, socio-histórico, histórico-cultural etc. Esse ramo da psicologia, que de forma simplificada podemos denominar como psicologia sociocultural, surgiu e se desenvolveu, em especial, na União Soviética, ao longo do século XX.

Além da psicologia, outras áreas do conhecimento também contribuíram para uma visão sociocultural da aprendizagem: na própria pedagogia, diferentes autores trouxeram compreensões sobre o ensino e a aprendizagem como ocorrendo a partir de relações intersubjetivas mediadas pela linguagem e instrumentos envolvendo relações entre o sujeito e o mundo material/cultural permeadas por relações de poder. Esses autores da psicologia e da pedagogia assumem, podemos dizer, uma perspectiva sociocultural⁴⁷, a qual pode ser levada em conta no planejamento didático.

Conforme vimos no capítulo 5, referente ao losango didático, a psicologia cognitiva situa a aprendizagem na relação entre o aluno e o

⁴⁷ Optamos por denominar assim para uma simplificação da tipologia de princípios de design.

mundo material com o foco no sujeito (aluno) e seus processos mentais. Já na perspectiva sociocultural, o foco no entendimento da aprendizagem está na relação entre o aluno e o mundo material, mas inclui, também, a dimensão pedagógica que conecta professores e alunos, assim como os alunos entre si e com o meio sociocultural em que a escola se insere. Destaca-se, ainda, que enquanto na psicologia cognitiva a realidade material é vista como composta, quase restritamente, pelos objetos e fenômenos do mundo físico, a perspectiva sociocultural compreende o mundo material como envolvendo os objetos, fenômenos e o meio social, que se dão em um contexto social, histórico e cultural

Trata-se, portanto, de uma ampliação na forma de compreender a aprendizagem, em que, mais do que no sujeito e em seus processos mentais, foca-se no sujeito e na sua interação com o mundo social do qual ele é parte.

Assim como a psicologia cognitiva, as ideias que são parte da perspectiva sociocultural são parte dos saberes das ciências da educação (GAUTHIER et al., 2013). Alguns autores, como Vigotski e Paulo Freire, que situamos nessa perspectiva, são comumente apresentados em cursos de formação de professores e, nesse sentido, compõem um corpo teórico ao qual o professor pode recorrer em sua prática.

A seguir, apresentamos um recorte de ideias de alguns autores da perspectiva sociocultural, que entendemos que contribuem para a reflexão inerente ao planejamento didático reflexivo e crítico.

Ideias e autores da perspectiva sociocultural e algumas contribuições para o ensino de ciências

Quando tratamos da perspectiva sociocultural aplicada à educação, é comum que nos venha à mente, mais imediatamente, o nome de Lev Vigotski⁴⁸ (1896-1934). Esse autor é considerado por muitos como o

⁴⁸ O autor tem sido citado na literatura como Vygotsky, Vigotsky, Vigotski, Vygotski etc. Neste texto, optamos por utilizar Vigotski, assim como o faz a maior parte das referências que citamos.

precursor de uma linha sociointeracionista, que coloca a interação social, em meio a contextos, como fundamental para o desenvolvimento do pensamento humano.

Apesar de sua curta vida (faleceu aos 37 anos), Vigotski desenvolveu um relevante trabalho que fundou as bases de uma psicologia histórica e cultural. Tendo presenciado a revolução socialista na Rússia que fez emergir a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), ele vivenciou um período histórico de grandes rupturas, o que, de certa forma, constituiu-se como um contexto propício para novos olhares e ideias, em que uma nova psicologia se mostrou necessária.

Com influências do materialismo histórico e dialético de Marx e Engels, Vigotski trouxe novos olhares para uma psicologia que flutuava, em sua época, entre as visões mais quantitativas e objetivas e as mais subjetivas e mentais (GIORDAN, 2008).

Um ponto fundamental nas ideias de Vigotski é a compreensão de que o homem se constrói no contato com a sociedade e a cultura em que está inserido, e não por suas características inatas. Nessa interação entre sujeito e sociedade-cultura, Vigotski entende que há uma dialética: ao ser internalizada pelo homem, a cultura modifica-o; ao mesmo tempo, o homem modifica e produz a cultura (MARTINS; RABATINI, 2011; VIGOTSKI, 1981, 2000). A cultura é assumida como o conjunto da produção humana e como algo que se dá no âmbito social. É na atividade social humana que se constrói a cultura. Assim, o que é social também é cultural (VIGOSTKI, 2011).

Outro ponto igualmente relevante nas ideias de Vigotski é o papel da linguagem para a aprendizagem e para o desenvolvimento humano: para o autor, é a linguagem que trará ao indivíduo aqueles conceitos e ideias compartilhados socialmente, que são parte da cultura em que ele está inserido; ademais, é a linguagem que mobilizará e permitirá a externalização do pensamento (VIGOTSKI, 1993, 2001).

Para Vigotski, o desenvolvimento humano é consequência da internalização e desenvolvimento da linguagem, e não o contrário (MOREIRA, 2022). Em outras palavras, o desenvolvimento da linguagem leva ao desenvolvimento do pensamento, de modo que a

linguagem assume um papel de ferramenta básica para que se construa conhecimento, fornecendo conceitos e formas de organizar o real que medeiam a relação entre o sujeito e o real sobre os quais se constrói conhecimento (GIORDAN, 2008).

Diante disso, é possível supor que, em uma situação de aula, o desenvolvimento e emprego da linguagem, com a externalização e a interação entre alunos, é um potencializador da construção do conhecimento. Assim, em uma perspectiva de ensino e aprendizagem fundamentada em Vigotski, torna-se fundamental a exposição e a interação dialógica pelos e entre os alunos. A aprendizagem é, então, um fenômeno sociointerativo a partir do qual, mediado pela linguagem, o ser humano é capaz de internalizar e produzir cultura. Pensar o ensino de ciências sob o olhar de Vigotski envolve reconhecer que somente na interação nos espaços de ensino é que a aprendizagem dos conceitos científicos ocorrerá: o par ensino-aprendizagem só se efetiva mediante a interação dialógica.

Entre as diferentes noções elaboradas por Vigotski, aquela mais frequentemente discutida na educação, em especial pela possível relação mais direta com a ação dos professores, é a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). Segundo o autor, um indivíduo (por exemplo, uma criança) possui um desenvolvimento real, aquele que conseguiria alcançar sozinho. Contudo, há também um desenvolvimento potencial que poderá ser alcançado pelo indivíduo com o apoio de outra pessoa (por exemplo, na educação escolar, como auxílio de um professor ou de outro aluno). A diferença ou percurso entre o desenvolvimento real e o desenvolvimento potencial é a ZDP.

Se assumimos a perspectiva de Vigotski para pensar o ensino, a noção de ZDP se torna fundamental, pois sinaliza um campo de ação docente para o professor. Conhecer até onde o aluno pode se desenvolver sem nossa ação ou sem a interação com os demais alunos e até onde os alunos podem chegar com a nossa atuação torna-se um passo necessário para um planejamento didático inspirado nas ideias de Vigotski.

Por mais que muitas das ideias de Vigotski tenham sido publicadas originalmente em russo, há cerca de um século (entre as décadas de 1920 e 1930), ainda são atuais e, em parte, pouco discutidas na formação de professores⁴⁹. Por muitos anos sua obra esteve totalmente desconhecida no ocidente e até mesmo na própria União Soviética, onde foi censurada durante o governo de Stalin. Somente a partir de meados do século XX é que suas ideias começaram a ser divulgadas, quando a censura soviética à obra de Vigotski chegou ao fim e surgiram as primeiras traduções de seus textos para outras línguas. Vale destacar, no entanto, que essas primeiras traduções, especialmente para o inglês e para o português, possuíam sérios problemas: conceitos foram mal traduzidos, capítulos inteiros foram “mutilados” e quase ou integralmente removidos, citações foram suprimidas (ROBERTI, 2019). Parte dessas traduções, inclusive, permanecem até hoje sendo utilizadas, o que prejudica a compreensão das ideias do autor.

Vigotski instituiu uma psicologia histórico-cultural que foi assumida e desenvolvida também por outros autores, como Alexis Nikolaevich Leontiev (1903-1979), Alexander Romanovich Luria (1902-1977) e Vasily Vasilovich Davydov (1930-1998). Assim, não somente em Vigotski, mas em outros autores podemos encontrar elementos de uma psicologia histórico-cultural que trazem contribuições para a reflexão sobre o ensino e aprendizagem em ciências.

Outro campo do conhecimento, além da psicologia, que avançou na perspectiva sociocultural ao longo da segunda metade do século XX foi a pedagogia. Um autor de destaque, que possui como um de seus alicerces a visão sociocultural, é Paulo Freire (1921-1997). Assim como Vigotski, Freire é inspirado pelo materialismo histórico-dialético de Marx e Engels. Sua compreensão da relação homem-mundo também envolve uma dialética em que o homem constrói e é construído no meio social.

⁴⁹ Na formação inicial de professores, é comum que somente parte das ideias de Vigotski sejam tratadas em disciplinas como psicologia da aprendizagem ou didática. Aspectos relevantes como a relação de suas ideias com o materialismo histórico-dialético e o sentido que sua teoria assume a partir dessa relação receberam (e têm recebido) pouca atenção nos cursos de formação de professores.

Contudo, Freire incorpora em sua obra inspirações humanistas⁵⁰, neomarxistas, anticolonialistas, entre outros⁵¹. Com isso, sua obra é marcada não somente pela compreensão social e cultural dos processos educacionais, mas também por uma defesa da politização crítica como meio de mobilização e transformação social.

Em seu livro *Extensão ou Comunicação?* (FREIRE, 1983), o qual dedica a discutir a extensão universitária, Paulo Freire traz as noções de *doxa* e *logos*, que permitem compreender a relação entre educador e educando com a realidade. A *doxa* consistiria na mera percepção dos objetos destacados da realidade, enquanto o *logos* consiste na transformação qualitativa do objeto (ou seja, na transformação da realidade). Para Freire, educador e educando devem exercer um ato

⁵⁰ No campo da educação, o humanismo costuma ser caracterizado como uma linha à parte do socioculturalismo. Por exemplo, Mizukami (2001) explicita que, enquanto o foco do olhar da abordagem sociocultural está na interação entre sujeito e mundo, o foco da abordagem humanista está no sujeito com seus desejos e potenciais e no aprender a aprender. Nesse sentido, por não incorporar a relação dialógica entre sujeito e mundo, o humanismo não pode ser considerado uma perspectiva sociocultural. Freire, contudo, com grande desenvoltura teórica e inspirado em discussões humanistas, situa os desejos, potenciais e o aprender a aprender como parte de uma educação libertadora e conscientizadora, em que o foco está não exclusivamente no sujeito (como faz o humanismo), mas na inter-relação do sujeito com a realidade. Assim, na pedagogia de Freire, as inspirações humanistas são ressignificadas, de forma coerente, nos termos e ideias do próprio Freire.

⁵¹ Na PBD, não prevemos princípios de design “humanistas”, por entendermos que as principais contribuições da abordagem educacional humanista foram incorporadas por outras linhas ou estão além do escopo da PBD. Além da incorporação de ideias humanistas na pedagogia crítica de Freire, em um sentido sociocultural, ideias como as do psicólogo humanista Carl Rogers ou do educador Rubem Alves parecem ter suas principais implicações na organização educacional como um todo (para além do âmbito da PBD) ou na organização didática do processo de ensino e aprendizagem e da organização curricular, as quais situamos como parte dos princípios de design didáticos, que serão tratados em um próximo texto. Vale destacar ainda que há, na educação, conforme aponta Mizukami (2001), outra abordagem de destaque além do humanismo, do cognitivismo e do socioculturalismo: o comportamentalismo. Não tratamos dessa abordagem na PBD por entendermos que consiste em uma visão superada no campo de pesquisa em educação em ciências.

cognoscente⁵² sobre o mundo em que, enquanto *logos*, a realidade deve ser objetivada e transformada em um objeto cognoscível. Em outras palavras, ao reconhecer que o ser humano é criatura e criador da realidade, Freire compreende que o ensino (e a extensão) deve se dar por um *logos*, em que, ao contrário da *doxa*, aluno e professor não devem somente perceber o que a realidade lhe entrega, mas intervir nela.

Tal posição de educador e educando se opõe ao que ele definirá, em seu livro *Pedagogia do Oprimido* (FREIRE, 1987), como educação bancária. Freire afirma que há uma tônica na educação, em que as escolas possuem narradores (os professores) e ouvintes passivos (os educandos): os alunos recebem, como se fossem depositados neles, conhecimentos estáticos, compartimentados e alheios às suas experiências existenciais, de modo que caberia a eles reduzirem suas aprendizagens a uma memorização mecânica do conteúdo narrado. Essa redução a uma memorização mecânica é parte da *doxa*, em que há uma simples percepção de algo que é passado, sendo esse algo assumido sem qualquer reflexão sobre a ação no mundo.

Nessa concepção de educação bancária, o aluno não é visto como alguém concreto, situado no tempo e no espaço, parte de um contexto histórico que tem especificidades sociais, econômicas, políticas e culturais (MIZUKAMI, 2001). Assim, a ação do aluno no mundo é deixada de lado.

Para Freire, o sujeito constitui-se como tal quando reflete sobre seu ambiente concreto, ou seja, sobre sua realidade. Ademais, é sobre essa realidade e em sua intervenção para mudá-la que o sujeito construirá um conhecimento crítico. A construção desse conhecimento crítico dependerá dos níveis de consciência que professores e alunos possuem e que lhe permitirão interpretar e agir no mundo de forma mais limitada ou não (FREIRE, 1979; MIZUKAMI, 2001).

Mizukami (2001) traz os seguintes níveis que são discutidos por Freire:

⁵² O termo “cognoscente” se refere ao ato de buscar ou tomar conhecimento sobre algo, enquanto o termo “cognoscível” se refere àquilo que pode ser conhecido.

- Intransitiva: relacionada com as necessidades mais básicas e biológicas, em que se deixa escapar tudo aquilo que extrapola o biológico. Há “*um quase descompromisso do homem com a sua existência, pois dele escapa a apreensão dos problemas que extrapola a esfera estritamente biológica*” (MIZUKAMI, 2001, p. 91). Podemos dizer que, a partir desse nível de consciência, o ser humano passa a ser um expectador do imediatismo do mundo, reproduzindo conhecimentos e agindo no mundo por uma “inércia biológica” e facilmente manipulável.
- Transitiva ingênua: embora não esteja mais preso às necessidades mais básicas da vida, no sentido biológico, o homem tende a um gregarismo (é um membro de uma massificação), por não investigar o mundo, por tender às explicações fabulosas e por ser frágil em argumentar. O homem, movido por essa consciência, presta pouca atenção ao seu momento histórico, colocando-o hierarquicamente como inferior a períodos anteriores (saudosismo), e resiste aos projetos que visam modificar a realidade (contradição entre a visão pessimista do presente e a possibilidade mudança). Conforme destaca Mizukami, segundo essa consciência se assumem posições reacionárias, tais como a defesa de regalias de grupos sociais e econômicos privilegiados, não percebendo que tais regalias são partes condicionantes da realidade.
- Transitiva ou transitiva crítica: há a consciência de sua dependência e há a busca por identificar e compreender os motivos e procedimentos pelos quais é representada uma realidade. O sujeito se percebe no mundo e como parte do mundo, reconhecendo seus condicionantes históricos e sociais. Indo além do que Mizukami nos traz, podemos dizer que implica um estado de vigilância, em que o sujeito busca sempre distinguir e analisar aquilo que determina a sociedade, propondo e agindo pela mudança da realidade e pelo bem social.

Para Freire (1979, 1987), o desenvolvimento humano consiste em um processo de passagem de uma consciência intransitiva para transitiva, que oportuniza a construção e compreensão de conhecimentos, em meio

a um desvelamento da realidade. Um nível de consciência intransitiva, ou mesmo transitiva ingênua, torna o sujeito suscetível ao condicionamento e, nas palavras de Freire, à condição de oprimido. Para Freire, sem estar consciente de sua posição de oprimido, o sujeito torna-se um “hospedeiro” da opressão, tem uma atitude fatalista (“o que tem que ser, será”), espera tornar-se o opressor, imitando-o e/ou seguindo-o, e chega até mesmo a ter medo da liberdade.

Tendo como base as ideias de Freire, podemos assumir como adequada uma relação entre professor-aluno horizontal e dialógica, em que educador se torna educando e o educando se torna educador (compartilhamentos em uma relação dialógica). Nessa relação, deve haver uma busca por um processo de conscientização, em que o ensino irá problematizar e, obviamente, conscientizar sobre a realidade. O ensino e a aprendizagem devem, assim, buscar a superação da relação opressor/oprimido, permitindo ao oprimido reconhecer-se como tal, engajar-se em uma práxis libertadora, mediante o diálogo, solidarizar-se com os (demais) oprimidos e buscar lutar e transformar a realidade que o torna oprimido (FREIRE, 1979; MIZUKAMI, 2001).

Pensar o ensino de ciências ou de qualquer outra área do conhecimento a partir das ideias de Freire é, sem dúvidas, desafiador. Contudo, um caminho para isso é buscar identificar como o conhecimento objeto de ensino se relaciona com a realidade histórica e cultural e de que modo esse conhecimento e, mais ainda, a realidade, podem ser mobilizadores de discussões. Não se trata necessariamente de partir do conhecimento científico e aplicá-lo no mundo dos alunos, mas, inversamente, de discutir a realidade tendo como uma das ferramentas o conhecimento científico. Assim, o conhecimento científico ganha sentido na realidade do aluno e serve, também, de elemento crítico para a mobilização necessária para a transformação da realidade.

Freire não se dedica, em sua obra, a apresentar ou discutir profundamente propostas de métodos de ensino para a efetivação de suas ideias. A exceção reside em seu método de alfabetização, em que ele prevê que seja: (1) considerada uma situação real existencial ou construída pelos alunos como ponto de partida (a palavra geradora ou o tema gerador); em seguida, (2) elaborada pelos alunos uma representação

da situação real ou construída (codificação); depois, (3) a partir do diálogo, promovida uma conscientização, em que se estabelecem debates ativos, dialógicos e críticos; dando continuidade, (4) discutida a palavra ou o tema em torno da ação e da reflexão, de modo que não somente se compreendam os temas ou palavras geradores, mas que haja uma conscientização sobre eles (MIZUKAMI, 2001).

No ensino de química, para ilustrar essa proposta de Freire, podemos lançar mão de um tópico específico em que seu ensino pode ser potencializado a partir do método freiriano: metais pesados. No ensino dessa ciência, é comum que se busque caracterizar metais pesados em função da massa específica, do número atômico ou, o que é mais usual, da massa atômica. Também é comum que se discuta a relação entre toxicidade para o ser humano e a concentração do metal pesado, ou mesmo a relação entre toxicidade e a forma química. Outro parâmetro normalmente tratado é a biodisponibilidade, que remete ao potencial que um elemento químico tem para ser absorvido pelos seres vivos (LIMA; MERÇON, 2011).

Para esse exemplo, um tratamento em uma perspectiva freiriana irá além dos conceitos químicos possíveis de serem discutidos: pode-se tomar, em conjunto com os alunos, um tema gerador que permitirá aprofundar a discussão sobre as relações econômicas, sociais, ambientais e científicas envolvidas. O tema gerador, espera-se, deve ter uma atualidade histórica. Se pensarmos essa discussão ocorrendo após o primeiro semestre de 2019, o tema gerador poderia envolver, por exemplo, os resíduos da mineração e o acidente da barragem de Brumadinho (MG), ocorrido em janeiro de 2019. Tendo como ponto de partida o tema gerador, envolvendo uma situação real e relevante do ponto de vista social, econômico e de saúde, seriam seguidos os outros passos do método freiriano, com a atenção do professor voltada não somente para a incorporação de aspectos científicos, mas também para mobilizar a participação dos alunos na discussão da temática.

Ideias como a de temas geradores, conscientização crítica, interação dialógica e a relação entre pensamento, linguagem e interação social podem fomentar princípios de design socioculturais. No tópico a seguir, discutimos esse tipo de princípio.

A perspectiva sociocultural e os princípios de design socioculturais

Pela sua natureza, a perspectiva sociocultural, representada especialmente pela obra de Vigotski, abarca não somente compreensões sobre como os alunos aprendem, mas também reconhecem na realidade material, histórica e contextual, assim como na interação intersubjetiva, os “motores” da aprendizagem. A partir das ideias de Freire, a perspectiva sociocultural compreende, ainda, que essa aprendizagem ocorre na medida em que se adquirem consciências mais críticas sobre a realidade e se assume um ímpeto pela transformação social.

Assim, conforme já comentado, a perspectiva sociocultural age no losango didático não somente na relação sujeito-mundo, mas em uma dimensão pedagógica em que a interação intersubjetiva é assumida como fundamental. Vale destacar que a perspectiva sociocultural, de certa forma mais indireta, também remete à dimensão epistêmica, afinal os sujeitos (vértice do aluno no losango didático) aprendem e transformam o mundo material na medida em que constroem o conhecimento.

A perspectiva sociocultural nos fornece subsídios para a definição de princípios de design socioculturais, os quais servirão de base, entendemos, para um planejamento didático mais inovador e potencial em termos do desenvolvimento de habilidades, de aprendizagens e de um pensamento mais crítico.

Na PBD, entre os diferentes questionamentos envolvidos na reflexão que levará à definição dos princípios de design (Figura 3.5), há aqueles mais relacionados com a perspectiva sociocultural. Nessa reflexão, como comentado no capítulo anterior, novos questionamentos podem surgir, como um específico sobre como os alunos aprendem. Destaca-se que, para o questionamento sobre a forma como ocorre a aprendizagem dos alunos, há respostas não somente na psicologia cognitiva, tratada no capítulo 4, mas também na perspectiva sociocultural representada, por exemplo, na psicologia histórico-social de Vigotski ou na pedagogia crítica de Freire discutidas neste capítulo.

Além de questionamentos envolvendo a compreensão sobre como se dá a aprendizagem, há, entre os questionamentos propostos como gatilhos de reflexão na PBD, alguns que se conectam mais direta ou indiretamente à perspectiva sociocultural e podem levar à definição de princípios de design socioculturais (Quadro 6.1):

Quadro 6.1. Questionamentos que podem levar aos princípios de design socioculturais.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">2. Qual as características do contexto de ensino?5. Quais as relevâncias sociais, culturais, éticas e morais envolvidas no conhecimento a ser ensinado e relacionadas com o contexto de ensino?6. Que habilidades, atitudes e procedimentos são necessários que os alunos desenvolvam e estão relacionados com o conhecimento a ser ensinado? |
|---|

Fonte: Elaboração própria.

A pergunta número 2, que trata das características do contexto de ensino, não remete somente ao contexto mais específico da escola, englobando os recursos, espaços e organização. O questionamento trata, também, do contexto social e histórico em que estão inseridos a escola, os alunos e os professores. Logo, ao se questionar sobre o contexto de ensino, é possível que se destaquem aspectos de natureza ambiental, social, econômica, entre outros, localizados no entorno da escola e na sociedade de forma geral.

Ao ampliar o questionamento sobre as características do contexto de ensino, a reflexão será direcionada para aquilo que é tratado na pergunta número 5: as relações entre o conhecimento alvo de estudo e as características do contexto. Pensar nas relevâncias sociais, culturais, éticas e morais do conhecimento e relacionadas com um contexto é um movimento reflexivo que tende a um ensino mais crítico, o que se espera para um ensino desde a perspectiva sociocultural.

Por fim, uma reflexão sobre as habilidades, atitudes e procedimentos necessários que os alunos desenvolvam, ponto tratado na pergunta de número 6, envolve não somente uma compreensão de aprendizagem centrada no indivíduo, como no caso da compreensão psicocognitiva, mas também uma visão contextual e crítica de aprendizagem. Ao considerar a transformação social como um objetivo educacional a ser alcançado, um norteador do processo de ensino e aprendizagem passa ser a busca por oportunizar aos alunos condições de

refletir e agir criticamente, o que pode ocorrer conforme se dá o desenvolvimento de habilidades, atitudes e procedimentos que, longe de serem meramente técnicos, serão também críticos.

Em nossos trabalhos a partir do modelo de PBD, somente mais recentemente os princípios de design socioculturais vêm sendo utilizados como norteadores. O motivo para isso é o fato de termos uma maior experiência com as análises envolvendo a epistemologia da ciência e a psicologia cognitiva.

Seja na pesquisa em ensino de ciências, seja nos projetos de extensão com a participação de professores da educação básica, de certa forma as tradições de pesquisa com as quais os pesquisadores estão mais habituados acabam direcionando o olhar no planejamento. Isso é constatado por Méheut e Psillos (2004), no artigo em que apresentam a linha de pesquisa e a ideia de SEA.

Tendo em vista o fato de não termos, no momento em que este texto é escrito, uma sequência didática finalizada, com princípios de design socioculturais como estruturadores⁵³, por nós ou por professores parceiros que se basearam na PBD ou na ideia de SEA, optamos por trazer um exemplo a partir da literatura. Em uma busca por sequências didáticas produzidas por professores, encontramos uma que, ainda que não tenha utilizado a PBD ou a ideia de SEA, notoriamente é alicerçada naquilo que identificamos como princípios de design socioculturais.

Ao final deste capítulo, apresentamos uma SD que utiliza um tema gerador, a “qualidade do ar”, e que foi aplicada em uma turma de EJA. A SD é parte da dissertação de mestrado de Sergia Rossana Sabino Neves, intitulada *Qualidade do Ar como Tema Gerador no Ensino de Química na Educação de Jovens e Adultos*, que foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Natureza da Universidade Federal Fluminense (UFF) (NEVES, 2016).

⁵³ Vale lembrar que os princípios de design estruturadores são aqueles mais relevantes em um planejamento didático, definindo a ordem, a conexão e os tipos de atividades.

Algumas considerações

Neste texto, buscamos apresentar algumas ideias que servem de base para muitas das discussões em torno da perspectiva sociocultural da educação e dos processos de ensino e aprendizagem. Para isso, demos destaque a dois autores, Vigotski e Freire, que a nosso ver representam a base de duas sublinhas que trazem grandes contribuições para a reflexão sobre os processos educacionais: a linha histórico-cultural e a pedagogia crítica⁵⁴. Outros autores poderiam ter sido citados e discutidos, mas para isso necessitaríamos de um espaço bem maior em relação àquele que foi pensado para este texto.

Sugerimos que o leitor busque por outros autores da filosofia, da psicologia, da educação ou do ensino de ciências, estrangeiros e brasileiros, os quais lidam com a perspectiva sociocultural e vêm sendo utilizados há alguns anos nas discussões sobre o ensino de química, física, biologia e geociências. Por exemplo: Mikhail Bakhtin, Alexis Leontiev, Vasily Davydov, James Wertsch, Dermeval Saviani, Eduardo Mortimer, Marcelo Giordan, Demetrio Delizoicov etc. Além disso, as produções acadêmicas relacionadas com o ensino de ciências segundo uma perspectiva da ciência, tecnologia e sociedade (CTS) ou em torno das questões sociocientíficas (QSC) também podem ser consultadas e inspirar elementos para o planejamento didático. Acreditamos que, assim como as ideias de Vigotski e Freire, a obra desses autores e as produções acadêmicas em torno de temáticas essencialmente sociais podem ajudar na definição de princípios de design socioculturais na PBD.

⁵⁴ A pedagogia crítica, enquanto uma filosofia educacional, não foi elaborada por Paulo Freire, mas pelo filósofo da educação Henry Giroux. Contudo, notoriamente a pedagogia crítica tem em Paulo Freire um de seus principais alicerces.

Exemplo de princípio sociocultural no ensino sobre a qualidade do ar

Como parte da dissertação de mestrado intitulada *Qualidade do Ar como Tema Gerador no Ensino de Química na Educação de Jovens e Adultos* (NEVES, 2016), foi elaborada uma SD que foi aplicada em uma turma de EJA, em uma escola privada da baixada fluminense, na região metropolitana do Rio de Janeiro.

A autora relata que a escola em que foi aplicada a SD tem como princípios teóricos e filosóficos a pedagogia sociointeracionista e a educação para a cidadania. Ademais, a região em que se encontra a escola possui grande atividade industrial, o que afeta a qualidade do ar. O contexto, portanto, mostrou-se favorável ao desenvolvimento de atividades em uma perspectiva sociocultural.

A partir da noção de “tema gerador” de Paulo Freire, a autora estruturou sua SD organizando todas as dinâmicas, recursos e atividades. Desse modo, reconhecemos a noção de *tema gerador* como um princípio de design estruturador.

Ao tratar do tema gerador “qualidade do ar”, que é assumido na SD tendo como ponto de partida uma reportagem sobre os altos níveis de poluição do ar na região em que se localiza a escola, a SD permitiu a discussão da realidade local, ao mesmo tempo em que trouxe um debate sobre a função inorgânica dos óxidos.

A seguir, apresentamos o plano de ensino (sequência didática) adaptado para o modelo que temos utilizado para apresentar as SDs elaboradas segundo o modelo PBD. O plano de ensino foi formatado tendo como base as informações apresentadas pela autora⁵⁵:

⁵⁵ As informações contidas nos dois quadros do plano foram retiradas da dissertação de mestrado da autora da SD e da própria SD por ela produzida. Alguns trechos correspondem literalmente àqueles presentes na dissertação, enquanto outros foram adaptados para a apresentação no formato de plano de ensino que temos utilizado. Também inserimos comentários em meio ao plano de ensino.

Quadro 1. Informações básicas	
Tema:	Qualidade do ar
Conteúdos disciplinares:	Funções inorgânicas; funções inorgânicas dos óxidos.
Público-alvo:	Alunos de uma turma noturna da 1ª fase do EJA, em nível médio, de uma escola privada da região metropolitana do Rio de Janeiro (Baixada Fluminense).
Descrição do contexto de aplicação:	<p>Escola privada localizada em uma cidade na Baixada Fluminense, que possui intensa atividade industrial, compondo o que é conhecido, na região, como o polo petroquímico. A região é fortemente afetada pela emissão de gases nocivos à saúde, emitido pelas indústrias e, principalmente, pela refinaria de petróleo de Duque de Caxias (Reduc).</p> <p>A presença do polo petroquímico e das demais indústrias faz com que a cidade possua a segunda maior arrecadação do estado do Rio de Janeiro. Contudo, a Baixada Fluminense possui alta concentração de pobreza e estrutura urbana precária.</p> <p><i>Observação.: a autora não informou mais detalhes sobre a escola, como a estrutura, os espaços, os materiais disponíveis etc.</i></p>
Princípios de design:	<p>Princípios estruturadores: Noção de tema gerador (Freire).</p> <p>Princípios auxiliares: Interação dialógica (Freire e Vigotski).</p>

Quadro 2. Detalhamento do plano
<p>I. Dados de identificação: Escola: Escola privada [nome ocultado], localizada na região metropolitana do Rio de Janeiro (Baixada Fluminense) Professor (a): <u>Sérgia</u> Disciplina: Química Série: 1ª Fase da Educação de Jovens e Adultos (EJA), nível médio. Turma: --</p>
II. Tema geral:

<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade do ar. 		
<p>III. Objetivos:</p> <p><u>(Etapa 1)</u> Promover a reflexão acerca da percepção da realidade local a partir da problematização da qualidade do ar no entorno da escola, de forma a favorecer a aproximação dos conteúdos disciplinares e, conseqüentemente, contribuir para a construção dos conceitos científicos.</p> <p><u>(Etapa 2)</u> Favorecer a construção dos conhecimentos científicos acerca dos conteúdos de funções inorgânicas, a partir de sua relação com a realidade, agora já apropriada, propositalmente iniciando a abordagem pela função óxidos, ao invés da abordagem tradicional iniciada pela função ácido, uma vez que os óxidos estiveram presentes nas discussões em torno da qualidade do ar, realizada na etapa anterior. Assim, a ordem de abordagem das funções inorgânicas, nesta proposta, é: óxidos, ácidos, bases e sais.</p> <p><u>(Etapa 3)</u> Promover a articulação entre a temática ambiental e os conceitos científicos construídos, a partir dos dados obtidos do monitoramento da qualidade do ar, de modo a contribuir para que os alunos possam fazer as conexões entre a realidade e conteúdos disciplinares.</p>		
<p>IV. Programa:</p>		
Etapa (tempo previsto)	Desenvolvimento	Recursos
1 (90 minutos)	<p>PRIMEIRA ETAPA: PROBLEMATIZANDO A REALIDADE LOCAL</p> <p>Atividade 1: Discussão em grupo para identificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a qualidade do ar que respiramos diariamente.</p> <p>Organize a turma em grupos ou duplas e solicite respostas aos seguintes questionamentos prévios:</p> <p>I. O que vocês acham da qualidade do ar que respiramos diariamente em nosso município? Por que?</p> <p>II. Qual o principal poluente?</p> <p>III. Qual a principal fonte poluidora?</p> <p>IV. Quais os principais danos causados pela poluição?</p> <p>Você pode incluir outras questões,</p>	<p>- Material disponível em CD (slides);</p> <p>- vídeo Programa Campus – Poluição do ar: apresenta resultados de estudos de pesquisadores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) que monitoram a qualidade do ar no estado do Rio de Janeiro, alertando quanto aos pontos críticos da poluição, bem como os riscos à saúde da população que vive nos grandes centros urbanos⁵⁶; e</p> <p>- quadro negro e giz.</p>

⁵⁶ Vídeo disponível em: <https://youtu.be/3AlMryEKpNI>. Acesso em: 9 out. 2020.

	<p>substituir algumas ou construir outras.</p> <p>Promova uma reflexão acerca das respostas obtidas de forma a ampliar os conhecimentos prévios e favorecer a tomada de consciência da realidade; esse momento de reflexão pode contribuir para levá-los a assistir ao vídeo seguinte com uma percepção mais crítica da realidade. A participação dos alunos é muito importante. Portanto, promova um ambiente favorável ao diálogo entre todos.</p> <p>Atividade 2: Exibição de vídeo documentário sobre a qualidade do ar, seguido de discussão para ampliação dos conhecimentos.</p> <p>Prepare a turma para assistir ao videodocumentário, podendo ser feito o questionamento: “qual a relação das respostas dadas na atividade anterior com o conteúdo do vídeo?”, de modo a fazê-los sentirem-se sujeitos na construção do conhecimento e, conseqüentemente, aumentando o interesse e participação.</p> <p>O objetivo aqui é aumentar a percepção deles a respeito da realidade com base nos conceitos científicos discutidos na atividade anterior.</p> <p>Atividade 3: Debate sobre o conteúdo do vídeo.</p> <p>Promova um debate sobre o conteúdo do videodocumentário a partir do questionamento: “o que mais chamou atenção no vídeo?”, de forma a favorecer a interação entre alunos e entre aluno-professor, levando-os à troca de ideias que contribuem para a ampliação do conhecimento.</p> <p>Sugestões para a primeira etapa:</p> <ul style="list-style-type: none">• As respostas dos alunos aos questionamentos podem ser registradas no quadro branco; isso os ajudará a refletir sobre as suas colocações e as reflexões coletivas.• O momento de reflexão pode	
--	--	--

Prática Baseada no Design – Márlon Pessanha

	<p>ser registrado em áudio ou vídeo, de modo que todas as falas possam ser analisadas. Esse é um registro que poderá ser utilizado pelo professor, posteriormente, para analisar a sua prática docente ou, ainda, com os alunos com intuito de “devolver” para eles o conhecimento construído durante a prática educativa.</p>	
<p>2 (180 minutos)</p>	<p>SEGUNDA ETAPA: CONSTRUÇÃO DOS CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS A PARTIR DOS DADOS DA QUALIDADE DO AR</p> <p>Atividade 4: Leitura de texto mobilizador sobre a qualidade do ar para introdução dos conceitos científicos.</p> <p>Organize a turma para realização da leitura do texto mobilizador sobre a qualidade do ar, de forma que todos os alunos possam participar da leitura.</p> <p>Questione os alunos sobre as substâncias químicas presentes na poluição do ar. A partir das substâncias identificadas pelos alunos, inicie a abordagem relacionando-as à função inorgânica óxidos e, na sequência, continue a abordagem das demais funções (os ácidos, as bases e os sais), finalizando com a escala de pH.</p> <p>Atividade 5: Conhecendo o pH de substâncias ácidas e básicas do cotidiano.</p> <p>Separe previamente amostras de produtos do cotidiano que contenham substâncias ácidas e básicas; também providencie um indicador de pH, preferencialmente que seja facilmente comercializado; ou ainda prepare solução de repolho roxo, água de feijão ou outra solução caseira que possa ser utilizada como indicadora de meio ácido e básico.</p> <p>Organize a turma em grupos ou duplas para medição do pH, de modo que cada grupo utilize uma amostra diferente, e solicite o registro dos dados.</p>	<p>- Material disponível em CD (slides); e</p> <p>- texto mobilizador sobre a qualidade do ar (o texto esclarece as condições que influenciam a qualidade do ar e apresenta o grupo de poluentes utilizados como referência)⁵⁷.</p>

⁵⁷ Disponível como anexo na dissertação de mestrado da autora (NEVES, 2016, p. 90).

Prática Baseada no Design – Márlon Pessanha

	<p>Sugestões para a segunda etapa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • É importante que a abordagem das funções ácidos, bases e sais enfatize a importância dessas substâncias e sejam relacionadas ao cotidiano dos alunos. • Para a identificação do pH, pode ser solicitado aos alunos, previamente, que levem alguma amostra para determinação de sua acidez. 	
3 (180 minutos)	<p>TERCEIRA ETAPA: ARTICULAÇÃO ENTRE A TEMÁTICA AMBIENTAL ABORDADA E OS CONCEITOS CIENTÍFICOS CONSTRUÍDOS</p> <p>Atividade 6: Monitoramento da qualidade do ar.</p> <p>Inicie esta abordagem teórica fazendo a interlocução entre a temática ambiental a partir do material previamente elaborado, disponível no CD e que pode ser adaptado de acordo com a realidade de sua turma, escola e região. O material também pode ser impresso ou em formato de apresentação de slides, fundamentado em observações feitas nas etapas anteriores, de modo que seja possível ampliar os conhecimentos acerca da realidade local.</p> <p>Solicite aos alunos, previamente, a realização do monitoramento da qualidade do ar e o registro dos dados, substâncias químicas e índices, a partir do boletim diário da qualidade do ar, disponível na página virtual do Instituto Estadual do Ambiente (Inea). Para efeitos de comparação, é importante que sejam monitoradas estações próximas à escola e outras mais distantes.</p> <p>A partir dos dados coletados do boletim diário da qualidade do ar, questione os alunos sobre os óxidos presentes na poluição em maiores quantidades.</p> <p>Promova uma reflexão a partir da comparação entre as diversas estações e verifique se os índices apresentados foram o esperado.</p>	<p>- Material disponível em CD (slides);</p> <p>- serviço de monitoramento da qualidade do ar a partir do boletim diário da qualidade do ar⁵⁸;</p> <p>- projetor; e</p> <p>- computador.</p>

⁵⁸ Não mais disponível no período em que este livro foi escrito.

	<p>Atividade 7: Formulação de medidas que possibilitariam melhoras na qualidade do ar. Organize a turma em dois grandes grupos para a realização da atividade na qual cada um deverá propor medidas que minimizariam o problema da poluição do ar, de modo que um grupo proponha medidas que também beneficie as indústrias e o outro proponha medidas estritamente voltadas para a natureza, de modo à leva-los à uma maior percepção acerca dos diversos fatores que envolvem muitas medidas ditas de “preservação ambiental”, adotadas pelos órgãos governamentais muitas vezes sem efeito preventivo, mas sim lucrativo. Promova uma reflexão acerca das propostas, de modo a levar os alunos a uma melhor percepção da realidade.</p> <p>Sugestões para a terceira etapa:</p> <ul style="list-style-type: none">• O material pode ser elaborado de acordo com a necessidade de ampliação dos conhecimentos acerca da realidade local, com base em observações feitas nas etapas anteriores; podem ser apresentadas imagens e notícias sobre a atividade industrial na localidade.• O monitoramento pode ser solicitado para determinadas estações, previamente estabelecidas, com um limite de, pelo menos, cinco pontos diferentes, em dois dias diferentes, de modo que permita a comparação.• Conforme realidade da escola, disponibilidade de equipamentos tecnológicos e acesso à internet, o monitoramento pode ser realizado no decorrer da aula para possibilitar a todos os alunos a participação nesta atividade.• Como forma de prever dificuldades na coleta de dados,	
--	--	--

	<p>por parte dos alunos, o monitoramento dever ser realizado, também, pelo professor.</p> <ul style="list-style-type: none"> • As sugestões dos alunos podem ser registradas no quadro branco para efeitos comparativos. 	
<p>V. Avaliação: <u>Além da avaliação realizada continuamente, ao longo das atividades, há avaliações somativas, em períodos específicos, definidos pela escola:</u> A avaliação é feita por meio de duas provas e dois testes teóricos, elaborados pelo professor da disciplina, ambos bimestrais e obrigatórios, além de trabalhos complementares, sendo estes à critério de cada docente.</p>		
<p>VI. Bibliografia: <u>Bibliografia básica</u> BOM DIA BRASIL. Estudo revela impacto da poluição na saúde de moradores do RJ e SP. G1, Rio de Janeiro, 29 out. 2014. Disponível em: https://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2014/10/estudo-revela-impacto-da-poluicao-na-saude-de-moradores-do-rj-e-de-sp.html. Acesso em: 4 jan. 2023. INEA. Relatório da Qualidade do Ar do Estado do Rio de Janeiro – Ano base 2014. Rio de Janeiro: Inea, 2015. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_dimfis_gear/documents/document/zwew/mte0/~edisp/inea0114522.pdf. Acesso em: 11 mar. 2015. O GLOBO. Inea multa Petrobras em 2 milhões por emissão de poluentes na REDUC. O Globo, Rio de Janeiro, 12 de maio de 2014. Disponível em: https://oglobo.globo.com/economia/inea-multa-petrobras-em-2-milhoes-por-emissao-de-poluentes-na-reduc-12465180. Acesso em: 4 jan. 2023. <u>Bibliografia complementar</u> FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1994. GUIMARÃES, M; FONSECA, L. Educação em ciências & educação ambiental. Seropédica: Edur, 2012. LOUREIRO, C. F. B. Complexidade e dialética: contribuições à práxis política e emancipatória em educação ambiental. Educação e Sociedade, v. 27, n. 94, p. 131-152, 2006. TOZONI-REIS, M. F. C. Temas ambientais como “temas geradores”: contribuições para uma metodologia educativa ambiental crítica, transformadora e emancipatória. Educar, n. 27, p. 93-110, 2006. VIGOTSKI, L. Pensamento e Linguagem. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2003.</p>		

Observação: a SD da autora não apresenta a bibliografia utilizada. Assim, compomos a bibliografia básica com referências listadas na dissertação (fontes de conteúdos e materiais utilizados) e compomos a bibliografia complementar por materiais sugeridos pela autora no texto preliminar de apresentação do plano de ensino.

Capítulo 7. Princípios de design didáticos

Nos três últimos capítulos, apresentamos os princípios de design epistemológico, psicocognitivo e sociocultural, os quais envolvem aspectos teóricos oriundos, respectivamente, da epistemologia da ciência, da psicologia cognitiva e da psicologia e pedagogia de ênfase sociocultural.

Estabelecendo relações com o losango didático (MEHÉUT, PSILLOS, 2004) que apresentamos no segundo capítulo, situamos os princípios de design como atuando em diferentes dimensões e lados do losango: os princípios de design epistemológicos atuam na dimensão epistêmica que conecta os vértices do mundo material e do saber/conhecimento; os princípios psicocognitivos atuam no vértice do aluno, como uma forma de compreender a apropriação e construção do conhecimento, na relação que o aluno estabelece entre conhecimento e realidade (mundo material); os princípios socioculturais atuam, principalmente, mas não somente, na dimensão pedagógica, ressaltando suas relações com a apropriação e construção de conhecimento pelos alunos em meio às interações sociais, também destacando a relação com os aspectos sociais, culturais e históricos que extrapolam o losango didático, mas que influem nele.

Em uma aproximação com algumas ideias de Gauthier et al. (2013), indicamos que os princípios de design surgem a partir de elementos teóricos e práticos oriundos de saberes docentes de diferentes tipos: os princípios epistemológicos contemplam aspectos do saber disciplinar, o qual, além de tratar do conteúdo específico, envolve um olhar sobre como o conhecimento científico se constrói/construiu; os princípios psicocognitivos envolvem aspectos teóricos dos saberes das ciências da educação que abordam a aprendizagem segundo a psicologia cognitiva; já os princípios socioculturais envolvem, também, saberes das ciências da

educação, mas com o foco nos processos sociais, culturais, históricos e interacionais que atuam no ensino e aprendizagem.

Um questionamento que pode surgir, neste momento, se refere a como os demais tipos de saberes docentes tratados por Gauthier et al. (2013) são elencados no ensino e que foco pode ser dado ao vértice do professor no losango didático e às relações que ele estabelece. Em outras palavras, no caso dos saberes docentes, podemos nos questionar como os saberes da tradição pedagógica, curriculares, experienciais e da ação pedagógica são utilizados para direcionar a prática docente. Além disso, ao focarmos a relação entre o vértice do professor com os demais vértices do losango didático, podemos nos questionar como se dá, de fato, a elaboração do conteúdo pelo professor, no intuito de criar condições, no ensino, para que ocorra a aprendizagem.

Neste capítulo, tratamos dos princípios de design didáticos que, a nosso ver, completam a interpretação do losango didático e dão respostas para os questionamentos que surgem sobre os demais saberes docentes pouco ou não contemplados anteriormente.

Nos tópicos a seguir, é apresentado um detalhamento sobre os princípios didáticos e sua relação com a prática docente.

As formas de ensinar: metodologias e estratégias

Se por um lado a experiência pessoal do professor (saber experiencial), o que é previsto nos documentos oficiais e livros didáticos (saberes curriculares) e aquilo que já está cristalizado na prática docente (saberes da tradição pedagógica) servem de norte para os professores, por outro tais elementos podem dificultar a implementação de novas ideias no ensino. Nesse caso, a inovação didática pode perder espaço para formas de ensinar que são escolhidas não a partir de uma reflexão, mas por costume.

As discussões sobre formas de ensinar, assim como suas implicações e influências, ocupam o cerne da área de didática. Enquanto área do conhecimento, a didática vai muito além do uso comum da palavra: o termo é utilizado, muitas vezes, como um adjetivo que define

um bom professor ou uma boa prática, de modo que é comum escutarmos ou falarmos frases como “*O professor tem didática. Ele é um bom professor.*”.

O termo “didática” demarca muito mais do que um adjetivo útil para qualificar professores e suas práticas. Afastando-se de seu sentido comum, podemos definir a didática como um campo do conhecimento que busca estudar criticamente os métodos de ensino, reconhecendo as influências e condicionantes da prática em sala de aula. Ao fazer isso, a didática se ocupa de compreender as transformações dos saberes que são ensinados nas escolas, assim como identificar as metodologias e estratégias propostas e exequíveis para a realidade prática.

Um olhar a partir da didática pode situar práticas mais cristalizadas oriundas de saberes da tradição pedagógica ou experienciais como efetivas ou pouco efetivas. Para isso, a didática costuma inter-relacionar-se com outros campos do conhecimento, que fomentarão suas reflexões, tais como aqueles que nos fornecem os princípios de design tratados nos capítulos anteriores (filosofia, psicologia, sociologia etc.).

No caso das didáticas específicas, que versam sobre o ensino de cada disciplina, essa inter-relação com outras áreas torna-se mais perceptível, em especial por, com base nelas, deduzir/construir e analisar formas de ensinar. Essas contribuições das didáticas específicas, como formas de ensinar relacionadas com metodologias e estratégias de ensino, podem ocupar um papel de princípios de design didáticos no planejamento do ensino.

Em uma aproximação à noção de saberes docentes, identificamos as metodologias e estratégias de ensino como parte dos saberes da ação pedagógica, os quais definimos no primeiro capítulo como um conhecimento didático-pedagógico sobre estratégias e recursos de ensino validados em pesquisas. Em outras palavras, os saberes da ação pedagógica envolvem resultados de pesquisas que tiveram, como fundamentação teórica, ideias presentes em outros saberes (disciplinares, ciência da educação, experienciais, entre outros).

Vale destacar que os saberes da ação pedagógica contribuem, ainda, para a elaboração dos saberes curriculares, uma vez que é comum que

pesquisadores em educação e em ensino levem aspectos tratados nesse tipo de saber para as discussões que ocorrem na elaboração de propostas curriculares. Com frequência, noções presentes nas discussões da pesquisa em ensino de ciências permeiam ou orientam partes do currículo de disciplinas científicas.

Nos subtópicos a seguir, apresentamos um recorte de noções ligadas às metodologias e estratégias de ensino de ciências que podem servir de base para a definição de princípios de design. Contudo, antes de apresentá-las, julgamos relevante explicitar o que entendemos por “metodologias” ou “estratégias”⁵⁹, uma vez que na literatura em educação e em educação em ciências não há consenso nos sentidos assumidos (ALVES; BEGO, 2020).

Entendemos como metodologias de ensino as elaborações do saber da ação pedagógica que possuem como fundamentos os referenciais teóricos oriundos de saberes das ciências da educação ou de saberes disciplinares. Nesse sentido, reconhecemos como metodologias aquelas abordagens que, além de “validadas” na pesquisa acadêmica, possuem claras conexões com outros saberes mais “sólidos” em termos teóricos e também validados em pesquisas. Destaca-se, ainda, que as metodologias de ensino, como entendemos, incorporam e explicam métodos de ensino específicos. Ou seja, as metodologias de ensino são reflexões e explicações teoricamente orientadas em torno de métodos de ensino. Um método de ensino amparado na metodologia é, de certa forma,

⁵⁹ Não há um padrão na literatura em ensino de ciências no uso das palavras “metodologia”, “estratégia”, “abordagem” e “método”. Estes termos têm sido utilizados, inclusive, como equivalentes. Ao optarmos por diferenciá-los, buscamos explicitar que há níveis de profundidade diferentes nas formas de ensinar, de modo que alguns se pautam mais na experiência e outros em fundamentos teóricos mais sólidos, com uma clara reflexão sobre tais fundamentos (daí o sufixo “logia” em “metodologia”). No caso dos termos “método” e “abordagem”, entendemos que o primeiro se refere à forma de ensinar, enquanto o segundo consiste na aplicação da metodologia ou da estratégia de ensino, empregando métodos de ensino.

Vale destacar, também, que não é incomum que aquilo que, em nossa classificação, é entendido como estratégia ou método seja nomeado como metodologia por alguns autores. Como exemplo, neste texto trataremos das “metodologias ativas”, que são entendidas por nós como estratégias de ensino, apesar do uso da palavra “metodologia”.

construído em uma aproximação explícita entre teoria e prática pedagógica.

Já as estratégias de ensino seriam aquelas abordagens de ensino que possuem base não em elementos claramente oriundos de saberes acadêmicos (disciplinares e das ciências da educação), mas advêm de propostas fundamentadas na experiência pessoal e compartilhada, algo característico dos saberes experienciais, que podem ou não passar por um crivo dos saberes da ação pedagógica. Assim, ainda que tragam métodos de ensino voltados para a ação didática em sala de aula, há um certo esvaziamento teórico que situa as estratégias em um nível de profundidade menor se comparado às metodologias.

Essa distinção é, para nós, relevante, pois demarca a profundidade de um princípio de design didático e a forma como ele pode se conectar com outros princípios: no uso de um princípio didático associado com uma metodologia de ensino, conseguimos estabelecer maiores relações com fundamentos teóricos que podem, também, sustentar o planejamento didático.

Feita a diferenciação entre metodologias e estratégias de ensino, apresentamos alguns exemplos de metodologias ou estratégias que podem ser utilizadas como princípios de design didáticos.

- Ensino por investigação

Em um artigo frequentemente citado por autores que tratam do ensino por investigação, Hodson (1992) apresenta uma revisão da literatura sobre práticas investigativas no ensino de ciências. O autor traz, entre suas conclusões, a afirmação de que os alunos aprendem mais sobre a ciência e elaboram melhor os conceitos quando participam de atividades investigativas que possuam semelhanças com as que ocorrem em pesquisas científicas.

Outros autores, inspirados principalmente na epistemologia da ciência e/ou na psicologia da aprendizagem, apontam o ensino por investigação como um caminho para que se desenvolva uma maior clareza sobre a natureza da ciência e para que ocorra, de fato,

aprendizagens em ciências (CARVALHO, 2013a; GIL PÉREZ; VALDÉS CASTRO, 1996; IZQUIERDO-AYMERICH; ADÚRIZ-BRAVO, 2006; SASSERON, 2015;).

O ensino por investigação pode ser definido como aquele que cria condições em sala de aula para que os alunos possam pensar considerando a estrutura do conhecimento, expor os argumentos e conhecimentos que elaboraram, ter um entendimento crítico do que leem e escrever com autoria e clareza (CARVALHO, 2018).

Para que se consiga alcançar tais objetivos, o ensino por investigação busca propor atividades que envolvam não somente experimentos, mas também laboratórios abertos, demonstrações investigativas, problemas abertos e recursos tecnológicos, além de textos históricos (AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2013a; 2018). Nesse sentido, as atividades investigativas buscam incorporar, nas ações dos alunos em sala de aula, parte do que é realizado na própria ciência (debates, argumentações, defesa de ideias, demonstrações, elaboração de hipóteses etc.). Assim, enquanto uma metodologia de ensino, o ensino por investigação aponta ações em sala de aula possíveis e justificadas, pelas quais os alunos se envolvem na elaboração e verificação de hipóteses e na resolução e argumentação em torno de problemas científicos.

Desse modo, as atividades investigativas pressupõem ações que vão além de um uso exclusivo de experimentos. Vale destacar que, além da própria ciência envolver muito mais processos que somente os de natureza experimental, nem toda atividade experimental realizada em sala de aula ou laboratório de ciências na escola é, de fato, investigativa.

- Ensino baseado em modelos (modelização)

Com inspiração na epistemologia da ciência, em especial nas discussões sobre os modelos científicos, o ensino baseado em modelos se apresenta como uma metodologia que emprega parte dos aspectos presentes no ensino por investigação. A semelhança pode situar a modelização, inclusive, como um subtipo do ensino por investigação.

Na perspectiva da modelização, argumenta-se que o papel fulcral dos modelos na prática científica é o suficiente para justificar o estudo de modelos no ensino de ciências (COLL; FRANCE; TAYLOR, 2005). Para muitos autores (GOBERT; CLEMENT, 1999; KHAN, 2007; SCHWARZ; WHITE, 2005; VALK; VAN DRIEL; DE VOS, 2007), fazer ciências envolve propor e testar modelos e, assim, o ensino de ciências mais “autêntico” deveria também envolver atividades em que os alunos testam e propõem modelos.

Com base nisso, enquanto uma metodologia de ensino de ciências, a modelização prevê que as atividades de ensino envolvam os alunos em processos nos quais, baseados em modelos teóricos e conceituais, eles devem prever desdobramentos experimentais e conceituais e testá-los. Não havendo fatos de acordo com o modelo de partida, ele deverá ser retificado ou mesmo substituído por outro que tenha um poder de explicação superior.

- Enfoque CTS ou CTSA

A sigla CTS significa “ciência, tecnologia e sociedade”, enquanto CTSA acrescenta o termo “ambiente” aos demais. Tais siglas sinalizam uma relação de indissociabilidade entre os diferentes campos, de modo que a compreensão de uns passa pela compreensão dos demais.

Essa relação é destacada por Campos (2010, p. 25):

Na sociedade atual, a ciência e, principalmente, a tecnologia possuem grande importância na organização das práticas sociais, mas as relações sociais também possuem grande importância na produção, aplicações e implicações das tecnologias e conhecimentos científicos.

Possuindo uma dimensão sociológica, no movimento CTSA, a ciência e a tecnologia não possuem um fim em si mesmas, mas se dão em função das demandas da sociedade segundo componentes históricos, sociais, políticos e econômicos (RICARDO, 2007; SANTOS; MORTIMER, 2002).

Uma vez que o movimento CTSA compreende a produção do conhecimento científico mobilizada por (e relacionada com) demandas

sociais, tecnológicas e ambientais, podemos assumir que há nele, também, uma dimensão epistemológica. Em outras palavras, compreender a construção do conhecimento científico a partir das relações CTSA implica em reconhecer processos que, ainda que menos discutidos na epistemologia da ciência, não deixam de ser processos epistêmicos que caracterizam o fazer científico.

A abordagem CTSA possui um caráter mais amplo se comparado às metodologias de ensino⁶⁰, uma vez que impacta não somente aquilo realizado em sala de aula, mas principalmente a organização do currículo. De fato, uma parte significativa das discussões sobre a abordagem CTSA repousa sobre seu impacto e influências na definição de currículos para a educação básica (CAMPOS, 2010).

Pensando em práticas didáticas que se articulam com a perspectiva CTSA, o ensino de ciências deve permitir problematizar as questões sociais, econômicas, ambientais e políticas em função das articulações que tais dimensões possuem com a ciência e a tecnologia. Indo além, a própria problematização da ciência e da tecnologia em função das questões listadas também deve ocorrer. Temos, nesse caso, uma dialética entre campos do conhecimento, em que o ensino irá envolver, simultaneamente, uma educação científica, tecnológica, ambiental e em questões sociais.

Ainda que o movimento CTSA não preveja métodos de ensino⁶¹ específicos, podemos reconhecer o uso de problemas e temas

⁶⁰ Ainda que o enfoque CTSA tenha uma clara fundamentação teórica, critério que indicamos como suficiente para definir uma abordagem de ensino como uma metodologia, é inadequado defini-lo como uma metodologia de ensino. Isso se deve ao seu caráter mais amplo, isto é, por ser reconhecido como um movimento acadêmico que ressalta as relações CTSA, não prevendo ações específicas para o ensino em sala de aula. Quando discutidas as suas aplicações em sala de aula, costuma-se nomear como abordagem ou enfoque CTSA, uma vez que se considera que se trata de uma aplicação de preceitos do movimento CTSA no ensino.

⁶¹ Reconhecemos que há propostas metodológicas mais estruturadas, fundamentadas no movimento CTSA, que podem contribuir para a educação em ciências. Ver, por exemplo, Aikenhead (1994a, 1994b). Contudo, ainda assim identificamos tais propostas como um desdobramento do movimento CTSA e não como o movimento em si.

contextuais como motores de discussões e aprofundamentos conceituais (VIANNA; BERNARDO, 2012).

Uma vez que a abordagem CTSA contribui com a reflexão e ação no ensino, direcionando práticas e estratégias, ela pode ser elencada como um princípio didático⁶²: ela contribui com a organização de atividades que, pautadas também em princípios socioculturais, tenderão a definir atividades em uma relação mais estreita entre conhecimento e realidade.

- Três momentos pedagógicos (3MPs)

Os três momentos pedagógicos (3MPs) consistem em uma metodologia de ensino que, ancorada nas ideias de Paulo Freire, busca promover um ensino de ciências mais problematizador e temático. Os 3MPs se inspiram no método de alfabetização de Freire que, conforme destacamos no capítulo 4, parte de um tema gerador (ou palavra geradora) para uma problematização da realidade, buscando um processo de conscientização. Ainda na década de 1980, o pesquisador e professor Demetrius Delizoicov buscou transpor parte das ideias de Freire para o ensino de ciências, o que o levaria a propor os 3MPs alguns anos depois, em conjunto com outros pesquisadores (DELIZOICOV, 1983, 1991; DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002; SALES, 2014).

Os 3MPs consistem em etapas (momentos) que buscam facilitar a construção e apropriação do conhecimento, tendo como base um diálogo real entre professor e alunos: (1) a problematização inicial; (2) a organização do conhecimento; e (3) a aplicação do conhecimento (SALES, 2014).

Segundo Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), a problematização inicial consiste na apresentação de situações reais já

⁶² Não é incomum, como ocorre com o enfoque CTSA, que um mesmo conjunto de elementos teóricos tenha uma natureza diversa, podendo ser reconhecido, simultaneamente, como um princípio didático, sociocultural e até mesmo epistemológico.

conhecidas ou presenciadas pelos alunos que se relacionam com o tema alvo de ensino, em que os alunos são instigados a buscar e apresentar soluções para o que é posto como problemático. Ao professor cabe a função de apresentar o problema e estimular a participação dos alunos. A ideia envolvida nesse primeiro momento é permitir que os alunos coloquem em ação seus conhecimentos prévios, questionando-os e, em articulação com o problema, iniciem uma busca por novos conhecimentos que deem conta de solucionar o problema posto.

Vale destacar que, assim como na perspectiva de Freire, o problema não é uma resolução algorítmica a ser feita (como uma questão comum de um livro didático), mas sim um problema de ordem social, ambiental, política etc., para o qual o conhecimento científico contribui para a solução.

Com a busca por novos conhecimentos para a solução do problema, inicia-se a organização do conhecimento. Nesse momento, com a orientação do professor, há a sistematização do que está sendo estudado, com a generalização de conceitos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Conforme destaca Sales (2014), durante o momento de organização do conhecimento podem ser elencadas diversas metodologias e abordagens. Assim, os 3MPs abrem espaço para a articulação com outras formas de ensino. Destaca-se que isso ocorre especialmente pela metodologia dos 3MPs se concentrar em períodos/etapas do processo de ensino e aprendizagem, e não em ações mais específicas em cada um desses períodos/etapas.

Por fim, o último momento pedagógico, que envolve a aplicação do conhecimento, consiste em uma generalização do conhecimento científico aprendido para outras situações, diferentes daquela que serviu de problematizadora. Conforme destacam os autores dos 3MPs, é esperado que os alunos assumam uma autonomia, em que, ao lidar com novas situações cotidianas, articularão de forma mais rotineira os conceitos científicos com tais situações (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

Como os 3MPs consistem em uma forma de organizar as situações de aula, a abordagem possui grande potencial de princípio estruturador

que, articulado especialmente com princípios socioculturais, pode definir a sequência e natureza das atividades.

- “Metodologias” ativas⁶³

Nos últimos anos, nos âmbitos da pesquisa e da prática em ensino de ciências, muito tem sido falado sobre o desenvolvimento e aplicação de metodologias ativas, as quais proporcionariam aprendizagens mais efetivas para os alunos.

Alguns autores, como Ruck e Vosgerau (2019), referindo-se às práticas de ensino ora como “metodologia ativa”, ora como “aprendizagem ativa”, buscam ancorar as justificativas para as metodologias ativas na obra de John Dewey (1859-1952), um dos fundadores da Escola Nova⁶⁴. Segundo esses autores, a aprendizagem ativa seria:

[...] um processo no qual os alunos têm a oportunidade de fazer, pensar e refletir criticamente sobre suas próprias ações, oportunizando a não se limitarem a simplesmente a fazerem anotações em um caderno. (RUCK; VOSGERAU, 2019, p. 11885)

Essa aproximação com as ideias de Dewey, por mais que frutífera, se dá *a posteriori* do surgimento das chamadas metodologias ativas. Muitas das ideias que permeiam as metodologias ativas não surgiram se pautando em Dewey ou em outros autores, mas sim em experiências

⁶³ Conforme o sentido que temos assumido para o termo “metodologia”, entendemos que há uma inadequação na denominação “metodologias ativas”, sendo aceitável, contudo, o termo “aprendizagem ativa”. Para nós, as metodologias ativas são, na realidade, estratégias de ensino ativas, pois carecem de um aprofundamento teórico maior que as justifiquem e que as façam ir além de um compartilhamento de experiências pessoais que reverberaram na comunidade acadêmica. Vale destacar, contudo, que esse é meu posicionamento, não sendo compartilhado necessariamente por outros autores e pesquisadores.

⁶⁴ Movimento que surgiu no fim do século XIX e que ganhou espaço nos debates sobre educação na primeira metade do século XX. Defende a liberdade reflexiva e a participação ativa dos alunos. Entre seus principais autores, há o estadunidense John Dewey.

práticas que ganharam notoriedade, principalmente, no ensino superior estadunidense. Vale destacar, inclusive, que na obra de Dewey não parece haver explicitamente referências a termos como métodos ou metodologias ativas, ainda que suas ideias sejam úteis para aprofundar o olhar sobre a participação ativa dos alunos.

Indo além da ancoragem em Dewey ou em outros autores, para nós parece haver, ainda, pouca clareza sobre o que seriam de fato as metodologias ativas. Percebemos que, em geral, o que tem sido classificado como tal são aqueles novos métodos de ensino (alguns não tão novos!) que buscam dar um protagonismo aos alunos e estimular uma participação ativa deles.

Santos e Ferrari (2017, p. 22), a partir de uma revisão da literatura, identificam tipos de atividades normalmente associadas com metodologias ativas (Quadro 7.1):

Quadro 7.1. Atividades classificadas por Santos e Ferrari (2017) como metodologias ativas.

Atividades de metodologias ativas
Discutir temas e tópicos de interesse para a formação profissional
Geração de ideias (<i>brainstorming</i>) para a resolução de problemas
Estudo de casos relacionados com áreas de formação profissional específica
Trabalho em equipe com tarefas colaborativas
Debater temas da atualidade e da comunidade em que se está inserido
Produzir mapas mentais ou conceituais para esclarecer e aprofundar conceitos e ideias
Realizar modelagem e simulação de processos e sistemas típicos da área de formação
Elaborar questões de pesquisa na área científica e tecnológica
Criar sites ou redes sociais visando aprendizagem colaborativa

Fonte: Adaptado de Santos e Ferrari (2017).

Na literatura em ensino de ciências, alguns métodos vêm sendo propostos com o rótulo de “metodologia ativa”, como: sala de aula invertida (*flipped classroom*); aprendizagem por pares (*peer instruction*); ensino híbrido (*blended learning/b-learning*); aprendizagem baseada de problemas (*problem-based learning*); e estudo de caso (*study case*).

Entendemos que são métodos promissores e que podem ser articulados com os princípios de design epistemológicos, psicocognitivos e socioculturais. Enquanto estratégias de ensino, podem ocupar um papel de princípios de design didáticos durante o planejamento,

definindo atividades e permitindo uma escolha mais adequada de recursos a serem utilizados em sala de aula. Dado o seu potencial, trazemos um breve resumo sobre os métodos ativos de maior destaque no ensino de ciências:

- Sala de aula invertida: como ideia básica, envolve executar em casa o que seria feito normalmente em aula e executar em aula o que seria feito em casa. Assim, em casa o aluno estuda materiais teóricos antes da aula, normalmente a partir de textos ou vídeos, enquanto na aula presencial há a discussão e aplicação prática dos conceitos (BERGMANN; SAMS, 2012). Nas áreas de exatas, biomédicas e tecnológicas se apresenta como novidade, mas em outras áreas a ideia básica é desenvolvida há mais tempo (por exemplo, em cursos livres de tecnologia ou mesmo em disciplinas pedagógicas nos cursos de licenciatura).
- Aprendizagem por pares: o método inclui a noção básica da sala de aula invertida, mas explicita os processos que ocorrerão em sala de aula. Na proposta do método, após os alunos estudarem antes da aula os materiais que são disponibilizados pelo professor, durante a aula inicialmente se estabelece uma dinâmica em que os alunos auxiliam uns aos outros no entendimento dos conceitos. Em seguida, há uma discussão conduzida pelo professor em que se busca um aperfeiçoamento das compreensões. Há, por fim, testes conceituais que definem o prosseguimento dos estudos ou o reforço com novos momentos de interação entre os alunos ou com a explicação do professor. O autor da proposta, o físico Eric Mazur, chega a estabelecer percentuais de acerto dos alunos no teste conceitual, para direcionar a tomada de decisão do professor: caso a taxa de acerto seja superior a 70%, o professor faz uma explanação fechando o tópico; caso a taxa fique entre 30% e 70%, há uma nova discussão entre os alunos, seguida de nova aplicação do teste conceitual; se a taxa de acerto for inferior a 30%, há a explanação e discussão conceitual conduzida pelo professor, seguidas da aplicação de

um novo teste conceitual (MAZUR, 1996; ARAUJO; MAZUR, 2013). Ainda que o ensino segundo esse método privilegie um avanço para outros tópicos somente quando há um nível de acertos mínimo dos alunos, uma crítica ao método reside na parametrização quantitativa, com o estabelecimento de percentuais tão precisos.

- Ensino híbrido: trata-se de uma abordagem que busca combinar recursos e métodos usados em aulas presenciais e em aulas online, buscando tirar vantagens das práticas dos dois “espaços”. Em geral, a parte mais conteudista é disponibilizada aos alunos com o uso de ambientes virtuais de aprendizagem, na forma de materiais textuais ou audiovisuais. Há a possibilidade de interação assíncrona entre professor e alunos, por exemplo com o uso de ferramentas de fórum de discussão ou de mensagens. Além disso, são realizadas atividades presenciais, com encontros síncronos, em que, preferencialmente, ocorrem discussões sobre os conteúdos disponibilizados online (TARNOPOLSKY, 2012).
- Aprendizagem baseada de problemas: envolve uma reorganização do currículo, em que problemas são elaborados de modo a permitir que temas essenciais sejam estudados pelos alunos de forma integrada e envolvendo projetos. Durante as atividades, até cerca de dez alunos são acompanhados por um professor que os auxiliará na resolução de problemas e na gestão do tempo (BERBEL, 1998). O método tem sido implementado com destaque em cursos superiores na área médica (medicina, enfermagem e gerontologia), que é entendida como uma área que lida, no cotidiano da profissão, com situações problemáticas, em que a busca por soluções é mediada por teorias e técnicas.
- Estudo de caso: consiste na apresentação de circunstâncias verdadeiras e plausíveis, para levar os alunos a refletir e analisar, buscando tomar decisões. Incorporando a ideia básica da sala de aula invertida, o professor disponibiliza materiais com “casos”, os quais devem ser estudados pelos alunos em momento anterior à aula. Em sala de aula, o professor

apresenta o caso e, em seguida, os alunos discutem, com a mediação do professor, o caso estudado e apresentado. O termo “caso” se deve ao fato de a estratégia ter surgido no contexto de um curso de direito, no ensino superior da Harvard University (HARLING; AKRIDGE, 1998).

As diferentes metodologias, abordagens, estratégias e métodos aqui apresentados de forma resumida podem ser empregados no ensino de ciências, assumindo o papel de princípios de design didáticos. Vale ressaltar que o que apresentamos é um recorte estreito do que a pesquisa em educação em ciências tem revelado em termos de metodologias e estratégias de ensino.

A prática didática e os princípios de design didáticos

Segundo o que já comentamos, os princípios de design didáticos podem se conectar com os outros tipos de princípios apresentados. Nesse sentido, não é incomum que os princípios didáticos sejam demandados e escolhidos após a definição dos demais tipos.

De certa forma, a conexão dos princípios didáticos com os demais ajuda a dar um sentido prático aos últimos, pois, por sua natureza mais teórica e abstrata (epistemológica, psicocognitiva ou sociocultural), possuem um afastamento maior da prática em sala de aula.

Na PBD, os questionamentos envolvidos na definição de princípios de design são mais diretos em relação aos princípios epistemológicos e socioculturais, mas não tão diretos em relação aos princípios psicocognitivos (novos questionamentos podem ser inseridos) e menos ainda em relação aos didáticos.

Não há, entre os questionamentos envolvidos na definição de princípios de design da PBD, aqueles claramente conectados aos princípios didáticos. Contudo, a reflexão de cada questionamento pode suscitar novas perguntas que, em um aprofundamento da reflexão, levarão aos princípios de design. Por exemplo, no Quadro 7.2, para cada um dos questionamentos destacados na coluna à esquerda há novos questionamentos, posicionados à direita, que remeterão aos princípios de design didáticos.

Quadro 7.2. Questionamentos que podem levar aos princípios de design na PBD (à esquerda) e novos questionamentos que levam aos princípios de design didáticos (à direita).

1. Qual tópico de ciências eu irei ensinar?	Que metodologias, métodos e estratégias de ensino são potenciais para o ensino do tópico?
2. Quais as características do contexto de ensino?	Que metodologias, métodos e estratégias de ensino podem ser realizados no contexto de ensino?
3. Quais as características dos conceitos, fenômenos e objetos envolvidos no tópico a ser ensinado?	Que metodologias, métodos e estratégias de ensino permitem a construção conceitual e/ou apreensão dos conceitos, segundo suas características e tendo em conta os fenômenos e objetos relacionados?
4. Como se deu o desenvolvimento histórico dos conceitos e quais os contextos socioculturais desse desenvolvimento?	Que metodologias, métodos e estratégias de ensino permitiriam abordar o contexto histórico e cultural de desenvolvimento dos conceitos, se isso for relevante de ser contemplado no ensino?
5. Quais as relevâncias sociais, culturais, éticas e morais envolvidas no conhecimento a ser ensinado e relacionadas com o contexto de ensino?	Que metodologias, métodos e estratégias de ensino permitiriam abordar as relevâncias sociais, culturais, éticas e morais envolvidas no conhecimento, se isso for compreendido como necessário de ser contemplado no ensino?
6. Que habilidades, atitudes e procedimentos são necessários que os alunos desenvolvam e estão relacionados com o conhecimento a ser ensinado?	Que metodologias, métodos e estratégias de ensino permitiriam o desenvolvimento de habilidades, atitudes e procedimentos esperados para os alunos?
7. Quais as concepções espontâneas mais comuns relacionadas com o tópico a ser ensinado?	Que metodologias, métodos e estratégias de ensino permitiriam o tratamento e “superação” ⁶⁵ de concepções espontâneas?

Fonte: Elaboração própria.

Os questionamentos adicionais são bem semelhantes àqueles empregados na definição das atividades e recursos, após já terem sido definidos os princípios de design. Ou seja, de certa forma, são questionamentos que se repetem quando o professor, orientado pelos princípios de design já definidos, dedica-se a efetivamente organizar as atividades e escolher os recursos.

⁶⁵ Na década de 1990, alguns trabalhos, como o de Mortimer (1996), mostraram que as concepções espontâneas não são, necessariamente, superadas. Pelo contrário, elas permanecem latentes e úteis na vida cotidiana, sendo empregadas para resolver problemas rotineiros que não requerem o olhar estritamente científico e, além disso, ressurgem naturalmente no ensino-aprendizagem mesmo após, aparentemente, já terem sido superados.

Em nossa experiência com a PBD, percebemos que os princípios de design didáticos acabam sendo somente “confirmados” pela reflexão provocada por esses questionamentos adicionais (coluna da direita), de modo que em muitos casos eles já estão parcialmente definidos quando se fazem os questionamentos. Temos percebido que a reflexão envolvendo os demais tipos de princípios de design, assim como a busca, inerente ao processo reflexivo, por ideias e trabalhos, revela princípios de design didáticos potenciais para o planejamento do ensino. Nesse sentido, um caminho que parece ser mais plausível e, de certa forma, mais natural durante o planejamento é inserir dois questionamentos logo após a definição dos princípios de design epistemológicos, psicocognitivos ou socioculturais (Quadro 7.3):

Quadro 7.3. Questionamentos úteis à definição de princípios de design didáticos, em função dos demais princípios de design.

1. Que metodologias e/ou estratégias de ensino permitiriam contemplar os princípios de design já definidos?
2. Como essas metodologias e/ou estratégias são tratadas na literatura em ensino de ciências?

Fonte: Elaboração própria.

Para esses dois novos questionamentos, assim como para todos aqueles envolvidos na definição de princípios de design na PBD, não há uma hierarquia ou ordem predefinida. Trata-se de perguntas complementares entre si que, ao serem feitas em conjunto e combinadas com uma busca na própria literatura em ensino de ciências, podem levar aos princípios de design didáticos. Vale destacar também que ter de antemão o conhecimento de metodologias e estratégias de ensino de ciências abrevia esse processo reflexivo, no que se refere ao tempo despendido.

Ao final deste capítulo, trazemos uma breve discussão sobre os princípios de design didáticos utilizados na elaboração das sequências didáticas apresentadas nos capítulos anteriores.

Algumas considerações

Conforme expomos, os princípios de design didáticos são, em sua maioria, metodologias e estratégias de ensino que, articulando-se com os demais princípios, permitem organizar as atividades e a escolha dos

recursos materiais que serão utilizados em sala de aula.

Neste capítulo, trouxemos uma breve descrição de diferentes metodologias e estratégias de ensino, as quais têm assumido algum destaque na literatura em ensino de ciências nas últimas duas décadas. Assim, ainda que haja uma grande diversidade de metodologias e estratégias (e por isso recomendamos ao leitor que não se prenda somente ao que apresentamos), buscamos apontar aquelas que parecem receber mais atenção entre os pesquisadores em ensino de ciências.

Por fim, vale destacar que, assim como os demais princípios de design que foram apresentados nos textos anteriores, os princípios de design didáticos podem assumir um papel de destaque no planejamento didático, com a função de princípios estruturadores, ou um papel coadjuvante, na função de princípios auxiliares.

Exemplos de princípios didáticos no ensino de ciências: seqüências didáticas já apresentadas

Ao tratarmos dos princípios de design epistemológicos e psicocognitivos, trouxemos exemplos de como eles foram aplicados no planejamento de uma SD intitulada “De Thomson aos aceleradores de partículas”. A SD teve como princípios estruturadores as noções de fenomenotécnica e de aprendizagem como o aperfeiçoamento de modelos mentais em direção ao modelo conceitual alvo de ensino. Tais noções serviram, respectivamente, como princípio de design epistemológico e psicocognitivo, atuando na organização geral das atividades, definindo-as e ordenando-as.

Contudo, além desses princípios, tivemos a definição de outros que ocuparam um papel mais secundário, como princípios de design auxiliares, atuando em momentos específicos previstos na SD. Como princípios de design auxiliares foram definidos a noção de obstáculos epistemológicos e sua superação, além do ensino baseado em modelos (modelização). Respectivamente, atuaram como um princípio epistemológico e como um princípio didático. A noção de obstáculo epistemológico foi útil para que o professor aprofundasse as discussões em torno dos erros conceituais que surgiam nas falas dos alunos. Já a modelização auxiliou na definição de algumas questões base para a realização das atividades.

A modelização, conforme apresentamos neste capítulo, trata-se de uma abordagem de ensino que leva em conta a necessidade dos alunos se envolverem no estudo de modelos científicos, testando-os, retificando-os e propondo novos modelos. Considerando isso, parte das atividades envolvidas na SD “De Thomson aos aceleradores de partículas”, em específico aquelas presentes na discussão sobre os modelos atômicos, foi elaborada com questões que buscavam o claro entendimento do modelo em discussão, mesmo que ele não fosse considerado como adequado na ciência atual. Esse claro entendimento do modelo se fazia necessário para que pudessem ser feitas hipóteses baseadas no modelo e, assim, testar o próprio modelo. Assim, a partir da verificação das hipóteses, ele

poderia ser confirmado ou não, levando a retificações ou elaborações de novos modelos.

Destacamos em **cinza**, no Quadro 7.4, as ações previstas e perguntas definidas para as etapas 4.1 e 4.2 da SD, que tiveram como base a modelização:

Quadro 7.4. Trecho da SD “De Thomson aos aceleradores de partículas”.

Trecho da sequência didática “De Thomson aos aceleradores de partículas”	
Etapa 4.1 (20 minutos)	<p>A partir de uma exposição, introduzir a ideia de modelo atômico. Em uma perspectiva histórica, apresentar brevemente o modelo atômico de Dalton destacando suas limitações. Destacar a descoberta do elétron a partir do interesse por compreender os raios catódicos e a proposta do modelo atômico de Thomson. Depois, em grupo, os alunos deverão discutir uma figura que traz o mapa de trajetórias esperadas para uma partícula carregada eletricamente lançada contra um átomo, segundo o modelo de Thomson. Em uma contextualização histórica, o mapa de trajetória é apresentado aos alunos como as previsões que Rutherford, Geiger e Marsden poderiam ter feito para o experimento que realizariam, em que buscavam estudar radioatividade e as partículas alfa.</p> <p>Na discussão os alunos devem, a partir da imagem do mapa de trajetórias, indicar como Rutherford explicaria:</p> <ul style="list-style-type: none"> • que as partículas alfa conseguiriam atravessar o átomo; • que quando as partículas alfa atravessavam o átomo se desviavam um pouco; • que as partículas alfa que não atravessavam o átomo também se desviavam. <p>A ideia da atividade é que os alunos tenham uma clareza sobre o que era esperado que ocorresse no experimento histórico envolvendo o espalhamento de Rutherford.</p> <p>Após a discussão em grupo, as respostas serão compartilhadas com toda a turma. Com base nas previsões dos alunos, o professor irá introduzir o experimento de Geiger-Marsden, levando-os a perceber o que seria esperado no experimento.</p> <p>Algumas perguntas-chave que serão feitas são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tendo em conta o modelo de Thomson, em que ângulos deveria ser colocado o visor para se obter a maioria de flashes possíveis? • Segundo o modelo de Thomson, era esperado obter um flash com ângulos grandes? <p>Nesse momento, deve ser retomada brevemente a discussão da técnica de análise de trajetórias, empregada na ciência, que foi destacada na etapa anterior da sequência didática.</p>
Etapa 4.2 (20 minutos)	<p>Em continuação à aula anterior, os alunos deverão se reunir em seus grupos e realizar uma atividade com base em uma simulação do experimento de Geiger-Marsden. Na atividade, os alunos deverão verificar se as previsões levantadas na aula anterior foram comprovadas ou não, em parte ou totalmente. Algumas perguntas que norteiam a atividade são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O que se observa quando o visor é colocado com ângulos pequenos? • O que se observa quando o visor é colocado com ângulos grandes? • Como você explicaria os resultados obtidos quando o visor é colocado com ângulos grandes? • Naquele momento histórico já se sabia que a partícula alfa era muito maior e mais

	<p>massiva que os elétrons, e que ambos eram muito menores que o átomo. A partir desta informação, você poderia acrescentar algo à explicação que você forneceu na questão anterior?</p> <ul style="list-style-type: none">•Pode-se concluir que o modelo atômico de Thomson está de acordo com os resultados que foram obtidos com a simulação?•(Predição) Faça uma proposta de um novo modelo de átomo baseando-se naquilo que você imagina que Rutherford propôs para explicar os resultados obtidos no experimento. Faça um esquema de sua proposta. <p>Após utilizar a simulação, cada grupo de alunos deve expor suas conclusões. Em uma discussão conjunta, deve ser destacada a inadequação do modelo atômico de Thomson. Os alunos apresentarão sua proposta de átomo, com o professor articulando discussões, de modo que se reconheça a necessidade de concentração de carga no interior do átomo: um núcleo de carga positiva.</p>
--	---

Fonte: Elaboração própria com base em Pessanha (2014).

Outro exemplo de SD que empregou um princípio de design didático foi aquela intitulada “Localização pelo que pode ser visto no céu”, de autoria do professor da educação básica Raphael Moreira, como parte de seu trabalho em um programa de mestrado profissional (MOREIRA, 2015).

A SD, que foi apresentada no capítulo 4 deste livro, incorporou como um dos princípios estruturadores um modelo de planejamento didático: a UEPS. Ao fazer isso, o autor da SD assumiu um princípio didático como um princípio estruturador, que serviu para organizar todas as atividades.

O modelo de UEPS, inspirado principalmente em aspectos de uma teoria psicocognitiva, pode ser considerado como um princípio de design didático que facilita a implementação em sala de aula das ideias teóricas que o definem. Conforme apresentamos neste capítulo, os princípios didáticos são formas de ensinar que compõem os saberes da ação pedagógica, sendo construídos tendo como base teorias didático-pedagógicas, a epistemologia (levando às metodologias de ensino) ou experiências compartilhadas que reverberam na literatura (levando às estratégias de ensino). Na SD “Localização pelo que pode ser visto no céu”, as atividades como um todo foram organizadas de modo a contemplar as etapas previstas para uma UEPS, com o intuito de potencializar o desenvolvimento da aprendizagem significativa dos alunos.

Na mesma SD, como princípios de design auxiliares, havia os itens “Uso de jogos no ensino” e “Uso crítico de novas tecnologias e de outros recursos pedagógicos”. Tais noções foram definidas a partir do contato que o professor autor da SD teve com textos acadêmicos da área de educação e de ensino de ciências. Esses itens, atuando como estratégias de ensino e, logo, como princípios de design didáticos, serviram de base para a definição de atividades específicas.

No Quadro 7.5, destacamos a segunda etapa da SD, a qual foi elaborada com base no princípio de design didático envolvendo o “Uso de jogos no ensino”:

Quadro 7.5. Trecho da SD “Localização pelo que pode ser visto no céu”.

Trecho da sequência didática “Localização pelo que pode ser visto no céu”	
Etapa 2 (100 minutos)	<p>Parte I (10 min.): O professor irá apresentar e explicar as regras do jogo de tabuleiro, o qual será jogado posteriormente pelos alunos. Além disso, o professor deixará claro o objetivo do jogo, que é o de conhecer um pouco mais sobre os “objetos do espaço” que podemos ver no céu diretamente ou indiretamente.</p> <p>Parte II (10 min.): Os alunos serão separados em grupos com três ou quatro integrantes. Cada grupo receberá um tabuleiro e as peças necessárias para o jogo.</p> <p>Parte III (60 min.): Nesse momento os alunos jogarão. A duração de cada partida, possivelmente, será por volta de 30 minutos. Assim, os alunos poderão jogar mais de uma partida ao longo da atividade.</p> <p>Parte IV (20 min.): Após o jogo, será estabelecida uma breve discussão entre alunos e professor, em que os alunos poderão expor algumas noções e alguns dos elementos astronômicos que estavam presentes no jogo.</p>

Fonte: Elaboração própria com base em Moreira (2015).

No texto sobre os princípios socioculturais, apresentamos outra SD que, apesar de não ter sido elaborada tendo como base o modelo PBD ou os estudos sobre SEA, reconhecemos como havendo um princípio de design didático. Na SD, produzida pela professora Sérgio Neves (NEVES, 2016) em sua pesquisa de mestrado, a autora elenca a noção de “tema gerador” de Paulo Freire para estruturar todas as atividades. Trata-se, a nosso ver, de um princípio de design estruturador que possui uma dupla faceta: é, ao mesmo tempo, um princípio de design sociocultural, mas que em sua aplicação enquanto associado a um método de ensino constitui-se como um princípio de design didático.

Ao longo de toda a SD, a autora prevê atividades que partem da problematização da realidade a partir de um tema gerador, passando por um aprofundamento de conceitos científicos, culminando com a

aplicação dos conceitos em diferentes situações. Assim, a discussão em torno do tema gerador se assemelha tanto ao método freireano como ao método envolvendo os três momentos pedagógicos que apresentamos neste capítulo.

Capítulo 8. Estrutura didática e o princípio de design estruturador

O planejamento didático tem, como uma de suas premissas, a organização de atividades que estejam interconectadas e que permitam, ao próprio professor que o elabora e aos alunos que serão o público-alvo do ensino, condições de perceber o caminho que está sendo seguido.

Para o professor, um planejamento precisa ser suficientemente claro em relação à progressão possível das aprendizagens. Ou seja, as atividades e recursos previstos no planejamento devem permitir ao professor imaginar os trajetos possíveis de serem seguidos pelos alunos durante o processo de aprendizagem. Já para os alunos, espera-se que o planejamento gere caminhos pelos quais os alunos possam reconhecer suas próprias construções, em meio à elaboração e reelaboração de conceitos e explicações.

Nesse sentido, pensar o planejamento de ensino implica, necessariamente, pensar a forma como as atividades se conectam e como elas podem permitir uma gradual diferenciação e apropriação de explicações, levando, dessa forma, ao desenvolvimento das aprendizagens pretendidas.

No campo da didática, quando discutida a noção de SD, é comum que ela seja definida não como um aglutinado de conteúdos e tarefas, mas sim como um conjunto interconectado de atividades em que, ao longo das aulas, há explicitamente conexões entre aquilo já estudado (e aprendido!) e o que está por vir. Zabala (1998, p. 8), ao discutir os elementos que são comuns em SDs, define uma SD como “*um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos*”. O autor ainda afirma que uma SD é uma “*maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática*” (ZABALA, 1998, p. 20).

Isso posto, podemos nos questionar como, em um conjunto de atividades, elas podem estar ordenadas, estruturadas e encadeadas, para que esse conjunto possa ser, de fato, reconhecido como uma sequência didática. A nosso ver, tornar um conjunto de atividades em uma sequência didática é um desafio relevante para o planejamento didático e uma tarefa um pouco mais difícil do que aparenta ser. Na PBD esse desafio tem sido pensado não somente a partir do papel dos princípios de design, mas também a partir da noção de estrutura didática.

Estrutura didática e sua origem nos estudos sobre as Sequências de Ensino-Aprendizagem

Como já comentamos no primeiro capítulo deste livro, no ano de 2004, como uma forma de melhor sistematizar e expor a linha de investigação envolvendo as SEA, ou, no original em inglês, as *teaching-learning sequences* (TLS), um número especial do periódico *International Journal of Science Education* foi publicado reunindo exclusivamente artigos em torno da então incipiente linha de pesquisa. Entre os artigos, havia o de Lijnse e Klaassen (2004), intitulado “*Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences?*”.

No artigo, Lijnse e Klaassen (2004) defendiam a estrutura didática como uma forma de melhor apresentar os resultados das pesquisas envolvendo sequências didáticas. A estrutura didática seria uma representação que buscava melhor expor as principais características de uma SD inovadora que tenha sido desenhada, implementada e testada em meio a um processo iterativo. Segundo os autores que a propõem, as pesquisas envolvendo desenhos/planejamentos didáticos normalmente não oferecem elementos suficientes para aqueles que não estão familiarizados com sua elaboração e teste. Em outras palavras, informações relevantes sobre as características das SDs acabam não sendo disponibilizadas quando os resultados das pesquisas são publicados. Assim, a comunicação dos resultados de pesquisa e do conhecimento didático específico gerado fica limitada, sendo necessário o acesso a materiais que muitas vezes estão indisponíveis.

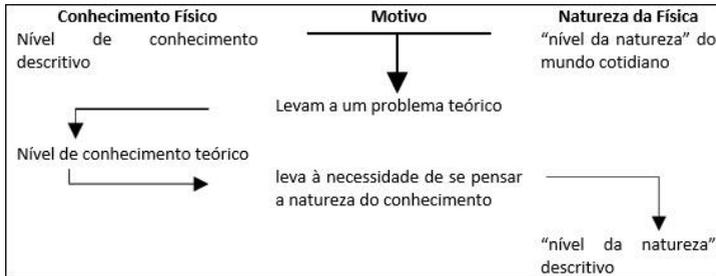
Na proposta de Lijnse e Klaassen (2004), a estrutura didática consiste em uma representação gráfica da estrutura básica e sequencial das atividades que compõem o plano didático desenhado e implementado. A Figura 8.1 exemplifica a forma básica com que uma estrutura didática é proposta pelos autores, enquanto a Figura 8.2 exemplifica uma parte de uma estrutura didática elaborada para o ensino do tópico de estrutura da matéria.

Alguns pontos que valem ser notados é que, enquanto a primeira coluna, tanto da Figura 8.1 como da Figura 8.2, indica basicamente o conteúdo de ciências e a forma como ele será tratado, a segunda coluna indica o motivo do conteúdo ser tratado. Tal característica pressupõe que qualquer conteúdo a ser estudado deve ter um porquê não em si mesmo ou por estar previsto em um currículo oficial, mas deve ter uma justificativa que pode, inclusive, ser reconhecida pelos alunos.

Já na terceira coluna há algum elemento que ajuda a articular e conectar as atividades, dando um maior sentido a elas. A nosso ver, ainda que não seja algo colocado explicitamente pelos autores, o que se apresenta na terceira coluna está intimamente relacionado com um ou mais princípios de design que assumem um papel mais relevante no planejamento da sequência didática. No exemplo das Figuras 8.1 e 8.2, parece haver um princípio de design epistemológico em que se assume que as atividades devem envolver uma construção de conhecimento, ao mesmo tempo em que se discute a natureza da ciência. Um esquema para outras sequências didáticas, com outros princípios de design, teria uma terceira coluna com um título diferente.

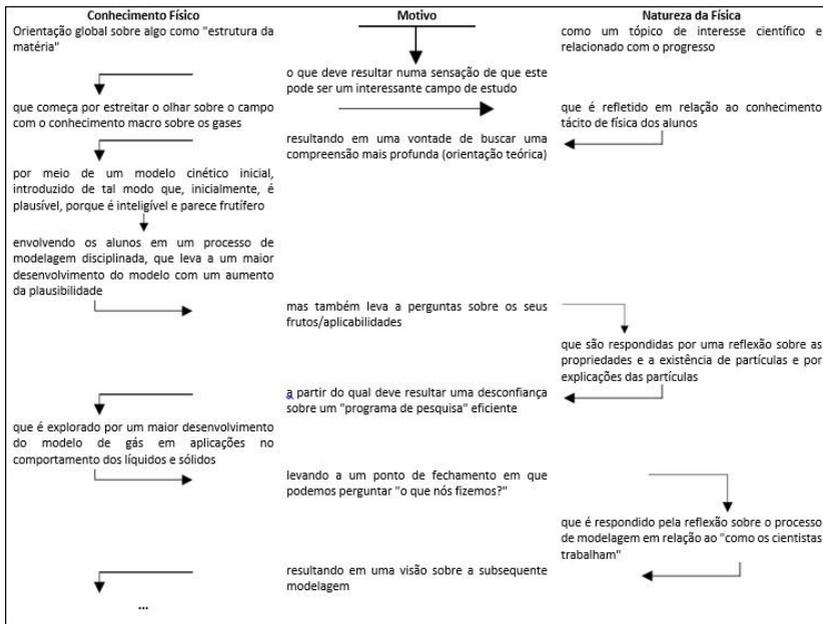
Algo a mais a ser observado é que no esquema de estrutura didática há a sinalização de uma das características principais de uma sequência didática: a conexão explícita entre atividades de ensino sobre um mesmo tópico, ao longo de várias atividades e aulas, representada pelas setas que conectam os textos distribuídos nas colunas.

Figura 8.1: Forma básica que uma estrutura didática é apresentada.



Fonte: Adaptado de Lijnse e Klaassen (2004).

Figura 8.2: Exemplo de trecho de estrutura didática para o ensino do tópico de estrutura da matéria.



Fonte: Adaptado de Lijnse e Klaassen (2004).

Apesar da proposta de Linjse e Klaassen (2004) ser importante, em especial por sinalizar que mais informações sobre as atividades de ensino devem ser apresentadas nas publicações de resultados de pesquisas, a noção de estrutura didática não parece ter sido considerada e incorporada nas publicações posteriores da linha TLS. O motivo para isso, talvez, seja o fato de a representação da estrutura didática proposta pelos autores não ser suficiente para apresentar muitas das características das atividades, que vão além da conexão e das motivações para o tratamento dos conteúdos. Ainda que seja relevante apresentar tais aspectos, a representação da estrutura didática de Linjse e Klaassen (2004) esconde elementos importantes como, por exemplo, o modo como uma atividade específica abarca os conteúdos e quais os papéis dos professores e alunos nesse processo.

Na PBD, reconhecemos a noção de estrutura didática como útil: incorporamos a noção de estrutura didática na PBD, tanto em seu sentido instrumental, tratado por Linjse e Klaassen (2004), como em um sentido conceitual que, a nosso ver, envolve a ideia de que deve haver, em qualquer plano didático, uma estrutura que demarca conexões e motivações das atividades, assim como, indo além do indicado pelos autores, os momentos e papéis na realização das atividades.

Dedicamos o tópico a seguir para apresentar os usos da noção de estrutura didática na PBD, assim como sua ampliação instrumental e conceitual.

Estrutura didática na Prática Baseada no Design

Segundo o que já comentamos neste texto, entendemos que a representação da estrutura didática proposta por Linjse e Klaassen (2004) explícita, na terceira coluna, o papel do(s) princípio(s) de design estruturador(es) na elaboração da sequência didática. Com já comentado em capítulos anteriores, os princípios de design estruturadores dão sentido e auxiliam na interconexão das atividades. Assim, assumimos que a representação de Linjse e Klaassen (2004) assume como principal função representar a interconexão de atividades da estrutura didática

que, na PBD, definimos como Interconexão na Estrutura Didática (IED).

Para exemplificar uma IED na PBD, tomamos uma das SDs que apresentamos ao longo deste livro: aquela intitulada “De Thomson aos aceleradores de partículas”. Conforme apresentamos no capítulo 4, a SD teve, em seu planejamento, um princípio epistemológico que atuou como um princípio de design estruturador: a noção de fenomenotécnica. Seguindo o que destacamos no capítulo 4:

A partir do conceito de fenomenotécnica de Bachelard, percebemos que o estudo sobre o mundo subatômico envolve equipamentos e técnicas que permitem chegar indiretamente a um fenômeno. Indo além, o fenômeno é previsto racionalmente e construído tecnicamente nos próprios equipamentos. Bachelard (1977) define que a realidade estudada, neste caso, não é fenomênica, isto é, dada aos sentidos (perceptível), mas é uma realidade fenomenotécnica.

[...] Em específico, nos estudos que levaram aos modelos atômicos e às descobertas das partículas subatômicas, a técnica empregada envolve a inferência sobre algo até então pouco ou não conhecido, a partir de trajetórias que se observavam durante as interações entre o conhecido e o desconhecido. Essa técnica permitiu o conhecimento de diversas propriedades do átomo ao longo do século XX e, até hoje, é utilizada nos aceleradores de partículas. Por mais que se possa afirmar que as partículas que compõem o átomo não surgem ou não são “criadas” nos equipamentos (elas já existem na natureza), as interações e as consequências dessas interações, incluindo interações entre as partículas e entre partículas e equipamento, marcam uma realidade fenomenotécnica que, essa sim, é criada nos equipamentos.

[...] Considerando a noção de fenomenotécnica, assumimos como um princípio de design a ideia de que, para um entendimento mais claro e sólido dos conceitos envolvidos no tópico de estrutura da matéria, seria necessário abordar a técnica utilizada pelos cientistas para produzir tal conhecimento. Desse modo, a sequência didática foi toda organizada a partir de uma discussão em que se tratava, simultaneamente, a técnica e os conceitos. Considerando que em muitos casos a discussão se remeteria a experimentos históricos, as

atividades demandaram, ainda, materiais que descreveriam ou representariam os equipamentos da ciência: foram utilizados textos e experimentos analógicos para a introdução da técnica, além de simulações computacionais.

Além disso, outro princípio, de natureza psicocognitiva, também atuou como princípio estruturador: a concepção de aprendizagem como um processo de aperfeiçoamento de modelos mentais. No capítulo 5, destacamos:

A partir dos trabalhos de John Clement, pesquisador em ensino de ciências, assumimos que a aprendizagem em ciências consistiria em um processo no qual as concepções prévias dos alunos (concepções e modelos espontâneos/alternativos ou já estudados) seriam o ponto de partida para a construção do conhecimento. Neste processo de ensino e aprendizagem, as concepções prévias integram modelos mentais iniciais dos alunos, os quais deverão ser aperfeiçoados, retificados ou superados, em uma gradual aproximação aos modelos conceituais próprios do conhecimento científico. Assim, o ensino deveria ser organizado de tal forma que facilitasse esse processo, ao mesmo tempo em que permitisse ao professor reconhecer se ele de fato estaria ocorrendo.

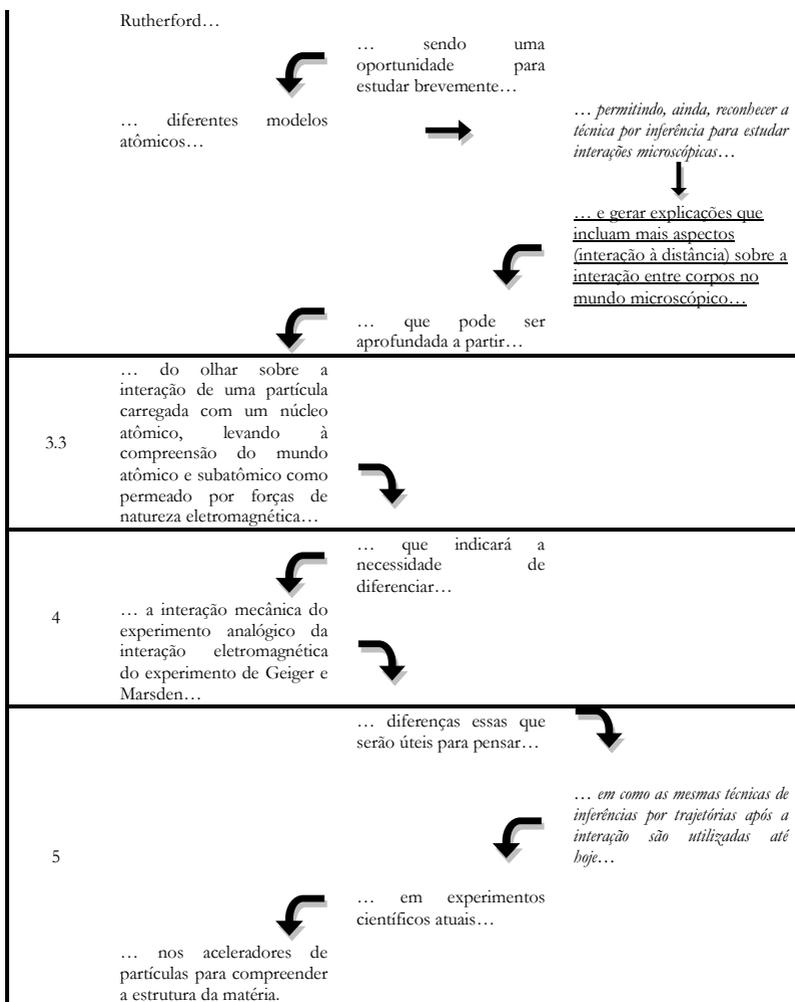
Nesse sentido, ao longo de todas as atividades privilegiou-se a manifestação dos alunos, como uma forma de tentar verificar que modelos explicativos os alunos possuíam, ao mesmo tempo em que as atividades possuíam elementos-chave (evidências) que buscavam demonstrar aos alunos as possíveis inadequações de determinados modelos explicativos.

Considerando os dois princípios de design estruturadores e as atividades definidas para a SD, a IED pode ser representada conforme o Quadro 8.1, que indica também as etapas da SD.

Quadro 8.1. IED da sequência didática “De Thomson aos aceleradores de partículas”.

Etapas da SD	Conhecimento científico	Motivo	Princípios estruturadores (<i>fenomenotécnica e aprendizagem como aperfeiçoamento de modelos</i>)
1.1	Discussão inicial sobre uma notícia envolvendo estudos com aceleradores de partículas...	→	... que servirá para levantar <u>concepções e percepções</u> iniciais dos alunos... ↓
1.2	... a interação entre radiação eletromagnética e matéria envolvida, por exemplo, na obtenção de fotografias e radiografias...	→ ... o que ocorrerá a partir da discussão sobre... ↙	... que precisarão ser <u>aprofundadas...</u> ... que levará à discussão sobre as técnicas de obtenção de dados quando há interação entre radiação e matéria... ↓
2	... que será possível com o uso de um experimento analógico envolvendo a interação mecânica entre esferas e uma forma desconhecida...	↙ ... que para serem discutidas precisarão de meios macroscópicos e acessíveis aos sentidos... → ↘	... e suas possíveis <u>diferenças para as interações macroscópicas...</u> ... forma esta que será revelada pela inferência a partir de trajetórias, semelhante à técnica utilizada nos estudos sobre estrutura da matéria... ↓
3.1 e 3.2	... como é o caso do experimento histórico de radioatividade de Geiger e Marsden, que marcou a passagem do modelo de Thomson para o modelo de	↙ ... e para que esse uso fique mais evidente, se faz necessário lidar com experimentos reais presentes nos estudos sobre estrutura da matéria... ↘	

Prática Baseada no Design – Márlon Pessanha



Fonte: Elaboração própria.

A partir do Quadro 8.1, podemos perceber uma diferença em relação à proposta de Linjse e Klaassen (2004): há uma coluna que indica as etapas em que se dão as conexões representadas nas demais colunas. A inserção dessa coluna de indicação de etapas foi feita para relacionar a

IED com o modelo de plano de ensino utilizado na PBD ao longo dos capítulos, sempre que buscamos apresentar uma sequência didática.

Em nossa experiência no uso da proposta de Linjse e Klaasen (2004) e no uso do esquema IED, que propomos enquanto uma adaptação simples do esquema dos autores, reconhecemos que a inter-relação entre as atividades pode ser percebida mais facilmente somente para quem esteve envolvido, de fato, no processo de elaboração da SD. Em outras palavras, o leitor deste texto pode ter alguma dificuldade em perceber a partir da IED como as atividades se conectam e qual o papel dos princípios de design nessa conexão. Assim, a proposta de Linjse e Klaassen (2004), ou a versão adaptada para a PBD, chamada de IED, parece ser pouco efetiva em trazer mais informações sobre a estrutura didática. As linhas do esquema podem até dar a ideia de que as atividades se interconectam, mas não ficará claro ao leitor, necessariamente, como isso ocorre.

Então, cabe a nós questionarmos: *por que, então, utilizar a IED na PBD?*

Para nós, no âmbito da PBD, a IED se apresenta como útil não para a comunicação da estrutura didática ou das atividades. Para esse fim, o modelo de plano de ensino, como o que propomos e apresentamos ao longo do livro, parece ser mais apropriado. Na PBD, propomos que o esquema da IED, com a coluna a mais para a indicação das etapas, seja utilizado pelo próprio professor como uma forma de verificar (1) se as atividades se interconectam, constituindo uma sequência didática e (2) se há um papel claro do(s) princípio(s) de design estruturador(es) em organizar a sequência e dar sentido às atividades.

Não se trata, portanto, de uma ferramenta para comunicação de aspectos da SD, mas sim para o professor verificar se o que pretendia de fato está se concretizando. Sendo assim, enfatizamos que, na PBD, mais importante do que tentar compartilhar informações de um plano de ensino a partir de um esquema de estrutura didática, conforme sugerem Lijnse e Klaassen (2004), é elaborar os esquemas de IED como um exercício pessoal.

Outro ponto a ser destacado sobre o esquema de Lijnse e Klaassen (2004) é que ele também não é suficiente para representar outra característica importante da estrutura didática de uma SD: as dinâmicas e papéis dos professores e alunos durante as atividades. Em qualquer aula em um ambiente escolar, podemos reconhecer que as atividades podem envolver exposições, trabalhos colaborativos ou mesmo discussões coletivas envolvendo toda a turma. Esses “momentos didáticos”, muitas vezes, servem inclusive para caracterizar, de forma até um pouco precipitada, as atividades como inovadoras ou tradicionais no que se refere às interações que se estabelecem. Independente do grau de inovação ou tradicionalismo das atividades, é importante perceber que disponibilizar informações como aquelas relacionadas com a interação e o papel assumido pelos atores em sala de aula é relevante: é algo que pode auxiliar o professor que planeja a perceber o que está planejando, e também pode contribuir no compartilhamento de informações sobre a estrutura didática de um plano de ensino, seja no âmbito da pesquisa envolvendo o planejamento didático, seja no âmbito da ação docente de planejar.

Considerando isso, assumimos na PBD a necessidade de um esquema que representasse o papel do professor e dos alunos em sua relação com a estrutura didática. Assim, propomos outra representação que inclui esses aspectos adicionais da estrutura didática: papéis e momentos na estrutura didática (PMED). Para essa representação, as atividades são indicadas explicitando não somente as etapas de uma sequência didática, mas também os momentos de uma aula segundo as ações esperadas para os professores e alunos, isto é, segundo os momentos didáticos e o envolvimento dos atores.

Propomos que a representação de PMED seja elaborada em um formato semelhante a um diagrama de fluxo, com figuras geométricas para representar, além do início e fim das etapas, os momentos didáticos de cada etapa: exposição do professor, atividade individual, atividade em grupo, atividade colaborativa, diálogo coletivo, exposição dialogada etc.

Em nossa proposta, podem ser utilizadas cores⁶⁶, números ou mesmo contornos (tracejado, sólido, com pontos etc.) para representar cada tipo de momento didático, além de descrições dos momentos. Além disso, para representar a conexão entre etapas/aulas da sequência didática, também podem ser utilizados retângulos que apresentam informações textuais.

Na Figura 8.3, cada linha representa uma etapa da SD “De Thomson aos aceleradores de partículas”. No caso das etapas 4.1, 4.2 e 4.3, elas estão todas em uma mesma coluna. Os quadros representam momentos didáticos das atividades, em que cada formato de contorno ou cor se refere a um tipo de momento: o contorno sólido envolve um momento de exposição do professor, o contorno tracejado representa um momento de trabalho em grupo, enquanto o contorno pontilhado representa um momento de discussão conjunta de toda turma. Os quadros cinza-claros, que possuem linhas conectoras pontilhadas e sem setas, indicam a conexão entre os tópicos, a qual pode, inclusive, ser exposta pelo professor em meio aos diálogos ou exposições em sala de aula. É interessante notar que, no caso do esquema do PMED para a SD “De Thomson aos aceleradores de partículas”, os quadros indicam exatamente a conexão mediante a discussão da técnica, ou seja, indicam a ação de um dos princípios estruturadores: a noção de fenomenotécnica. O outro princípio estruturador, relacionado com a aprendizagem por modelização, parece ter uma função mais de conectar as ações dentro de cada etapa.

Enquanto temos recomendado na PBD o esquema IED como um exercício pessoal do professor, sem que necessariamente seja elaborado para a divulgação do plano de ensino construído, no caso da PMED temos sugerido que seja utilizado com os dois fins: pelo seu estilo estético mais explícito e linear, o compartilhamento dos aspectos relacionados com as ações dos alunos e do professor é facilitado. Combinado com a apresentação do modelo de plano de ensino segundo

⁶⁶ Ainda que o exemplo de PMED que apresentamos neste capítulo não contemple representações em cores, esse padrão de representação tem sido aquele que mais utilizamos pela facilidade em perceber, visualmente, os momentos no esquema.

a PBD, tornam-se mais evidentes os detalhes da dinâmica da aula que estão escondidos em meio às descrições textuais de um plano de ensino. Ao mesmo tempo, elaborar um esquema PMED ajuda o professor a reconhecer em que medida as atividades que planejou estão de fato contribuindo para uma participação mais ativa dos alunos e como as etapas/aulas se conectam.

Na Figura 8.3, podemos notar que, na etapa 4 (IV – A técnica), há um losango que representa dois caminhos possíveis. Na SD elaborada, isso ocorreu por ter sido definido durante o planejamento didático que algumas atividades seriam optativas, sendo realizadas de acordo com o tempo dedicado para as atividades anteriores e segundo a necessidade de maior aprofundamento em parte das discussões.

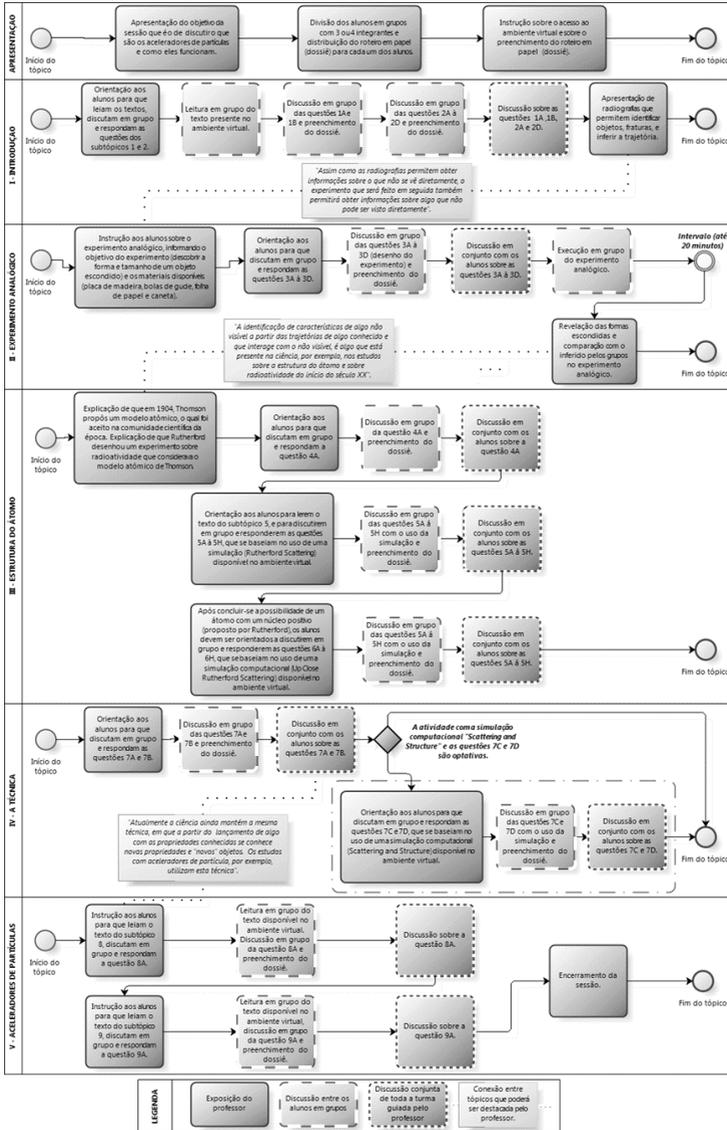
A PMED prevê o uso de caminhos alternativos não somente quando há o caso de atividades optativas, mas também quando há atividades que podem ser realizadas de diferentes formas. Por exemplo, no caso da indefinição momentânea sobre a modalidade de ensino (remoto, presencial ou híbrido)⁶⁷ que será possível de ser desenvolvida com os alunos, planejar atividades alternativas é uma possibilidade. Nesse caso, a indefinição é assumida de antemão como uma característica do contexto e, sendo assim, busca-se desenvolver atividades com versões ou caminhos alternativos.

Nos projetos envolvendo a PBD que mantemos em parceria com professores, temos sugerido a elaboração desse esquema em papel ou com o uso de softwares. Quando são utilizados softwares, aqueles mais comuns são Microsoft PowerPoint e o Bizagi Modeler⁶⁸, gratuito.

⁶⁷ Nos anos de 2020 e 2021, devido ao período pandêmico, os professores vivenciaram situações de indefinição, não sabendo se poderiam desenvolver atividades presenciais, remotas ou mesmo híbridas.

⁶⁸ Disponível em: <https://www.bizagi.com/pt/plataforma/modeler>. Acesso em: 29 dez. 2022.

Figura 8.3. PMED da sequência didática “De Thomson aos aceleradores de partículas”.



Fonte: Adaptado de Pessanha (2014, p. 192).

Tendo em vista o processo reflexivo como cerne do planejamento didático segundo a PBD, temos sugerido a elaboração de esquemas em qualquer momento. Contudo, temos reforçado que no final da elaboração da versão piloto da SD, isto é, aquela que será implementada pela primeira vez, a elaboração dos esquemas de IED e PMED, mesmo enquanto um esboço a não ser divulgado, é um passo importante para perceber o papel dos princípios de design estruturadores e se foi elaborada, de fato, uma sequência didática.

Algumas considerações

Neste capítulo, apresentamos a noção de estrutura didática conforme a proposta de Lijnse e Klaassen (2004), enquanto uma ferramenta para a divulgação de resultados de pesquisas dentro da linha de investigação envolvendo as SEA.

Conforme expomos, a ferramenta envolvendo o esquema da estrutura didática proposta pelos autores não parece cumprir a função definida por eles mesmos. Esse é talvez o motivo pelo qual a proposta tenha recebido pouca atenção na literatura em ensino de ciências. Contudo, percebermos que o esquema tem sua utilidade enquanto um exercício individual do professor que planeja. Na PBD, incorporamos a verificação da interconexão na estrutura didática a partir do esquema IED, semelhante ao proposto por Lijnse e Klaassen (2004), mas com uma coluna a mais.

Indo além, a noção de estrutura didática nos inspirou a propor a representação de outras características de uma SD: os papéis e momentos na estrutura didática. Propomos uma forma de elaborar esquemas PMED que, a nosso ver, podem ajudar o professor, no planejamento, não somente a perceber o papel do(s) princípio(s) de design estruturador(es) na conexão das etapas de uma SD, mas também a revelar que tipo de participação esperamos para professores (nós mesmos) e alunos, inclusive em que momentos e segundo quais dinâmicas.

Entendemos que, na PBD, o processo reflexivo para a definição de princípios de design, a elaboração do plano de ensino, assim como a elaboração de esquemas IED e PMED, contribuem com um planejamento mais consciente do ensino, fornecendo melhores condições para a análise posterior das implementações em sala de aula. Os esquemas IED e PMED surgiram a partir de demandas dos próprios professores que participavam dos projetos que já desenvolvemos, que relataram a dificuldade em organizar, seguindo a PBD, as atividades em função dos princípios.

Em pesquisas envolvendo o planejamento didático, como aquelas que investigam a produção e implementação de planos de ensino em sala de aula, a PBD, mesmo sendo um referencial didático, pode ajudar a trazer à luz a articulação existente entre os referenciais teóricos da pesquisa e o plano de ensino a ser investigado (em sua implementação ou concepção). A IED e a PMED são ferramentas a mais que podem contribuir com esse desafio.

Capítulo 9. Avaliação da aprendizagem e a análise da implementação de um plano de ensino

O debate sobre a avaliação da aprendizagem não é recente e, de certa forma, é parte de um conjunto de ideias que, em especial ao longo do século XX, pautaram as discussões sobre as mudanças nos processos de ensino e aprendizagem.

A frequência que o tema da avaliação da aprendizagem aparece nos debates educacionais é de tal medida que, muito provavelmente, você, leitor deste livro, já tenha se envolvido em discussões sobre esse tema na formação inicial, em reuniões na(s) própria(s) escola(s) em que atua ou já atuou, ou mesmo em ações formativas organizadas por Secretarias de Educação e Diretorias de Ensino.

Nesse sentido, parte do que será tratado aqui poderá não ser uma novidade. Além disso, provavelmente você tem experiências sobre métodos/estratégias e instrumentos de avaliação que permitiriam ilustrar as aplicações ou limites das ideias aqui apresentadas. Contudo, se considerarmos a avaliação da aprendizagem como parte, também, das discussões sobre o planejamento didático envolvido em projetos de pesquisa, as ideias aqui apresentadas ganham uma relevância não somente pedagógica, mas também analítica sobre os processos pedagógicos.

Tendo em vista isso, buscaremos discutir, em um primeiro momento neste capítulo, a avaliação da aprendizagem a partir da lente da didática geral, um campo de conhecimento bem consolidado. Depois, traremos pontos sobre a relação entre a avaliação e a análise de resultados em pesquisas que envolvem a implementação de planos de ensino em sala de aula. Ao fazermos isso, buscamos ilustrar como a avaliação da aprendizagem pode contribuir para uma reflexão sobre as

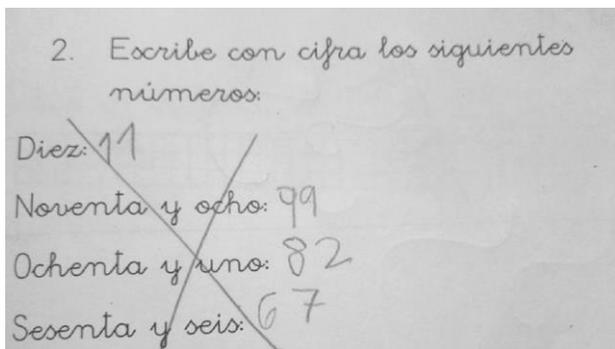
próprias escolhas didáticas feitas no planejamento, servindo como uma das referências para a interpretação daquilo que ocorre em sala de aula, a depender de como se dá, efetivamente, a avaliação.

Avaliação da aprendizagem desde a perspectiva da didática

Há alguns poucos anos, um acontecimento típico do cotidiano escolar alcançou algum destaque na mídia da Espanha, onde o fato ocorreu, e na mídia de internet direcionada ao público brasileiro. Em 20 de outubro de 2017, uma curta reportagem do site de notícias BBC Brasil trazia a seguinte manchete: “Como resposta de criança a exercício escolar provocou debate que mobilizou até ‘guardiões da língua espanhola’” (COMO..., 2017).

A reportagem exibiu uma imagem (Figura 9.1) que foi publicada em uma rede social pelo pai de um aluno de sete anos, em que se podia ver a correção feita pelo professor: um grande “X” sinalizava um erro na realização da atividade. Na reportagem, é reproduzido um curto texto que, acompanhando a imagem, foi escrito pelo pai da criança: “*Aquí está un ejercicio de matemática do meu filho (7 anos). Penso que quem não o entendeu bem foi o professor*” (traduzido pela reportagem).

Figura 9.1. Fotografia da atividade. Enunciado da questão traduzido: “Escreva em cifras os seguintes números”



Fonte: Como... (2017).

O debate no contexto espanhol parece ter tido um alcance tal que levou até mesmo a Real Academia Espanhola, instituição considerada no

país como “guardião” da língua, a se pronunciar, afirmando que do ponto de vista puramente linguístico a interpretação para o exercício seria a de que os números listados fossem escritos em cifras (algarismos). Por outro lado, até mesmo uma personalidade daquele país, o cineasta Juan José Campanella, considerou que havia genialidade na resposta e que a criança havia apresentado os números “seguintes” aos que eram indicados, conforme era solicitado.

Indo além da discussão linguística ou de uma suposta genialidade da criança, algo que nos chama a atenção é o papel da atividade e se o objetivo avaliativo que ela buscava não havia sido, de fato, cumprido. Ao indicar os números que vinham na sequência daqueles apresentados, o aluno mostrava, talvez, ter domínio sobre a representação esperada (em cifras) e, indo além, apresentava o que era solicitado: a seu ver, as cifras dos números seguintes aos apresentados.

Do ponto de vista mais tradicional da avaliação da aprendizagem e assumindo que na perspectiva “puramente linguística” o enunciado não deixava dúvidas sobre o que pedia, sem dúvidas a resposta fornecida pelo aluno estaria incorreta, já que ela não apresentava os resultados esperados. Contudo, segundo aquelas concepções de avaliação da aprendizagem que trataremos aqui, as respostas fornecidas pelo aluno poderiam representar um pensamento correto em relação ao aspecto específico em avaliação, ainda que de forma inesperada. Nesse caso, compreender o real entendimento do aluno requiriria algo a mais do que somente verificar as respostas fornecidas em papel: supondo-se que o aluno, de fato, adicionou uma unidade aos números listados por extenso e respondeu o resultado dessa adição “em cifras”, seria necessária uma confirmação dessa interpretação do aluno, por exemplo, a partir de um diálogo em que se questionasse o que ele considerou e como efetuou a atividade. Nesse sentido, a avaliação seria um processo combinado entre a análise do registro em papel e aquilo indicado em um diálogo.

Esse exemplo simples e corriqueiro (mas que na atualidade recebe um destaque midiático que há alguns anos seria incomum) mostra que o processo de avaliação da aprendizagem pode envolver mais do que a simples conferência de respostas idênticas a um gabarito. Em lugar disso, a avaliação da aprendizagem deve ser vista como algo processual e

analítico que, mais do que estar centrada na resposta final, deve considerar *como* o resultado foi obtido. Em outras palavras, assumindo um status epistemológico do erro conforme nos traz o filósofo da ciência Gastón Bachelard (1996), reforçado pelo educador matemático Guy Brousseau (1983, 1986), na construção de conhecimento um erro nem sempre é somente um erro. Para esses autores, o processo de construção de ideias que culmina em erro merece mais atenção do que o próprio erro. No caso específico do exemplo espanhol, o fato de haver, talvez, um acerto escondido em um erro revela ainda mais a importância em buscar analisar o processo construtivo de fundo que leva às respostas.

Considerando esse exemplo da reportagem, podemos nos questionar se a avaliação, como aquela que pensamos e executamos, de fato, nos permite perceber os processos e caminhos percorridos pelos alunos. Alinhado a isso, podemos nos fazer alguns questionamentos-chave sobre a avaliação da aprendizagem, os quais permeiam parte da discussão que a didática geral tem feito por décadas: *o que é de fato avaliar? Por que avaliar? Que tipos de instrumentos e ações de avaliação há e em que situações e momentos podem ser utilizados?*

Segundo Abib (2010), há uma longa tradição e uma cultura que, cristalizadas nas escolas, levam à permanência do que é realizado no espaço escolar há décadas, o que inclui os entendimentos e formas de avaliação. Não é incomum que a tradição e a cultura escolar reduzam a avaliação da aprendizagem a um papel de “medição” dos alunos, que se dá em momentos específicos, com as tradicionais provas e testes, conferindo a esses instrumentos um status de marcadores de etapas cumpridas do ensino que, inevitavelmente, não são revistas mesmo com resultados insatisfatórios (AFONSO, 2000; CHUERI, 2008; HAYDT, 2006).

Zabala (1998), no mesmo sentido, reconhece que tradicionalmente a avaliação é vista como algo que se refere aos alunos como um instrumento sancionador ou qualificador, que certifica que um fim padronizado para todos foi alcançado (ou não) pelos indivíduos. Ao se contrapor a essa concepção, Zabala (1998) discute os sujeitos e os objetos da avaliação e, considerando que a finalidade da educação não é

somente promover e selecionar os mais aptos, defende que a avaliação deve servir como instrumento para verificar, também, o próprio ensino, as práticas desenvolvidas etc.

É nesse sentido que Zabala (1998) define a noção de avaliação formativa ou reguladora. Segundo o autor, nessa concepção de aprendizagem, a avaliação se centra no processo e não somente nos resultados finais (que poderiam ser conferidos, por exemplo, pelo tradicional instrumento “prova”). Ao fazer isso, a avaliação passa a ser entendida como:

[...] um informe global do processo que, a partir do conhecimento inicial (avaliação inicial), manifesta a trajetória seguida pelo aluno, as medidas específicas que foram tomadas, o resultado final de todo o processo e, especialmente, a partir deste conhecimento, as previsões sobre o que é necessário continuar fazendo ou o que é necessário fazer de novo. (ZABALA, 1998, p. 201)

Na didática geral e na área de ensino de ciências, diferentes autores têm assumido uma variedade de terminologias para representar momentos e ações relacionadas ao ato de avaliar (ABIB, 2010; AFONSO, 2000; CHUERI, 2008; HADJI, 2001; HAYDT, 2006; LUCKESI, 2003; ZABALA, 1998). O próprio Zabala (1998) oscila ao se referir à avaliação ora como formativa, ora como regulatória⁶⁹. Outros autores indicam termos como avaliação diagnóstica, somativa, progressiva, processual etc., as quais, em geral, marcam momentos em que são feitas ações explícitas de avaliação (diagnóstica, somativa) ou o processo como um todo (progressiva).

Entre as diferentes ideias e termos discutidos sobre a avaliação da aprendizagem, algo que vale ser reforçado é o sentido que a avaliação assume: ela vai além de provas ou testes que conferem notas, envolvendo também os diferentes momentos e instrumentos que no

⁶⁹ Em seu livro, Zabala manifesta sua preferência pelo termo “avaliação regulatória” explicitando que a avaliação permite a regulação do ensino e aprendizagem. Contudo, ele reconhece que o termo que ele escolhe é correspondente ao que outros autores chamam de “avaliação formativa”.

próprio processo, aplicados ao longo das atividades, permitem reconhecer as aprendizagens e necessidades dos alunos, podendo levar, assim, a alterações nas atividades e na organização programática do ensino.

Conforme destaca Abib (2010), o processo avaliativo possui um caráter de propulsor de modificações, pois pode nortear ações em diferentes níveis das instituições educacionais, no trabalho do professor e na vida dos alunos. Essa afirmação da autora revela um papel fulcral da avaliação da aprendizagem no espaço escolar, ao mesmo tempo em que rompe, em certa medida, com visões mais simplificadas sobre o próprio processo avaliativo.

Em disciplinas que leciono em cursos de formação de professores, em que há a discussão sobre a avaliação da aprendizagem, uma analogia que tenho utilizado com alguma frequência é a de que o processo de ensino e aprendizagem seria comparado a um voo comercial de longo alcance: há um plano de voo (plano de ensino); há uma análise prévia das condições meteorológicas (condições de ensino e aprendizagem); há o avião, o trajeto e os aeroportos como meios para alcançar o destino (instrumentos e abordagens de ensino); e, além de tudo isso, há instrumentos de navegação em contínuo funcionamento (instrumentos de avaliação, desde a perspectiva formativa) para verificar se tudo ocorre como programado e para servir de referência na tomada de decisões e em mudanças no plano de voo, dependendo do que ocorre (adequações do plano de ensino durante a implementação).

Ainda que analogias tenham suas limitações enquanto ferramentas explicativas, o que busco mostrar, abusando mais uma vez da mesma analogia, é que no ensino e aprendizagem não vamos esperar o término do voo para verificar se os alunos aprenderam, pois, se assim fizermos, talvez nem tenhamos o avião chegando ao destino.

Assim, durante o planejamento do ensino, torna-se fundamental que definamos aquelas atividades e recursos/instrumentos que são pensados não somente para o ensinar e o aprender, mas também para verificar se está ocorrendo, de fato, o par ensino-aprendizagem. Se assumirmos que o reconhecimento da aprendizagem dos alunos só será

possível se eles externalizarem suas compreensões, durante o planejamento devemos propor meios de externalização como parte das atividades, para que haja essa verificação.

Vale destacar que a externalização do conhecimento não ocorre somente pelo registro escrito em torno de questões específicas, como é comum no modelo tradicional de provas/testes. Assim, para uma avaliação formativa não seria suficiente somente distribuir no tempo diversos momentos de verificação pontual por meio das provas e testes. Outras formas de externalização do conhecimento além do registro de materiais escritos, como a exposição oral ou simplesmente o diálogo descentralizado⁷⁰ em sala de aula, seriam meios adicionais de efetuar uma avaliação da aprendizagem.

Logo, no planejamento do ensino, torna-se importante que sejam previstos momentos em que os alunos irão dialogar, expor ideias oralmente, fazer registros, entre outros que, mais do que encarados como momentos de realização de tarefas corriqueiras, devem ser assumidos como períodos de avaliação da aprendizagem. Planejar esses momentos é, portanto, uma parte do planejamento do ensino.

A PBD, que temos tratado neste livro, assume a definição de múltiplos meios para o acesso à aprendizagem dos alunos como inerente ao planejamento do ensino. Com isso, parte das próprias atividades de ensino podem ser pensadas também como caminhos para a externalização do conhecimento dos alunos. O esquema PMED, apresentado e discutido anteriormente, é um indicador dos momentos em que, potencialmente, os alunos poderão expor suas compreensões. Na PBD se assume ainda que o que é percebido, em uma avaliação da aprendizagem baseada em diferentes momentos de externalização de

⁷⁰ Entendemos aqui por diálogo descentralizado aquele que não tem, necessariamente, o professor como principal desencadeador. O diálogo, nesse caso, ainda que envolva o professor, não se resumiria a uma sequência de turnos de fala em que os alunos apenas respondem ou completam a fala do professor. Seria um diálogo em que há, de fato, a externalização do que os alunos estão pensando. Essa ideia se aproximaria ao que Guy Brousseau, em sua Teoria das Situações Didáticas, definiria como um diálogo em meio a uma situação adidática.

conhecimento, poderá levar o professor a efetuar adequações “em tempo de execução”, isto é, no momento em que a própria atividade é realizada. Além disso, poderá levar a uma melhor interpretação dos resultados obtidos com a implementação do plano de ensino, culminando até mesmo em adequações de atividades e momentos no período de redesign (replanejamento).

Essa coleta de dados de aprendizagem ao longo do processo como meio de analisar não somente a aprendizagem dos alunos, mas também o próprio ensino, é importante quando tratamos de um plano de ensino presente em uma pesquisa, seja como pano de fundo ou como alvo de análise. O próximo tópico é dedicado a essa discussão.

Avaliação da aprendizagem enquanto indicativo na pesquisa

Ao longo dos anos, a pesquisa em educação em ciências se dedicou a diferentes focos de investigação. Notoriamente, a aprendizagem ocupou um lugar pioneiro nos interesses de investigação na educação em ciências.

Na década de 1980, ganhou força uma tradição de pesquisa na educação em ciências que ficou conhecida como movimento das concepções alternativas⁷¹ que, partindo de autores da psicologia como Piaget e Ausubel, dedicou-se a um extensivo e profundo levantamento daquelas concepções alternativas aos conceitos científicos, apresentadas pelos alunos e que se constroem de forma espontânea na vida cotidiana (GILBERT; SWIFT, 1985; SANTOS, 1998).

Como uma consequência desse movimento, solidificou-se o que ficou conhecido como mudança conceitual⁷², uma ideia que remete

⁷¹ O movimento das concepções alternativas (MCA), apesar de ter trazido algumas contribuições para a pesquisa em educação em ciências, em especial para a solidificação dessa área de investigação, não mais ocupa a agenda da pesquisa nessa área.

⁷² Assim como o MCA, a noção de mudança conceitual tem perdido espaço na pesquisa em educação em ciências desde, pelo menos, meados da década de 1990. Isso se deve tanto à diversificação da pesquisa, que tem privilegiado outros olhares e interesses, como ao reconhecimento de uma inadequação do conceito. Sobre a inadequação do conceito de mudança conceitual, é sugerida a leitura do artigo “Construtivismo, mudança

diretamente à aprendizagem: também fundamentada em autores como Piaget e Ausubel, entendia que uma compreensão conceitual mais ingênua e não científica poderia ser substituída por uma compreensão conceitual científica, e essa mudança coincidiria com a aprendizagem (SANTOS, 1998). O objetivo do ensino seria, portanto, o de promover a aprendizagem mediante a mudança conceitual.

A partir disso, muitas pesquisas em educação em ciências na década de 1980 até meados de 1990 se dedicaram a elaborar propostas de ensino que eram aplicadas em sala de aula⁷³. Nessas pesquisas, era comum que fosse feita uma avaliação inicial das concepções dos alunos sobre fenômenos científicos, com o intuito de diagnosticar as concepções prévias dos alunos, as quais incluíam as concepções alternativas. Após a implementação da proposta de ensino, era aplicada uma nova avaliação que tinha como intuito verificar a evolução conceitual dos alunos, estimando uma possível mudança conceitual. Esse tipo de pesquisa, em muitos casos, envolvia questionários fechados, com questões de múltipla escolha, e os resultados passavam por uma análise quantitativa descritiva com o intuito de mostrar a efetividade, em termos percentuais gerais em uma ou mais turmas, da proposta de ensino.

Essa forma de fazer pesquisa é fortemente criticada hoje em dia por suas limitações metodológicas e por reproduzir uma compreensão de avaliação da aprendizagem vista como inadequada. Apesar disso, sedimentou na área de pesquisa em educação em ciências novos questionamentos para os quais a própria forma de pesquisar não se mostrava suficiente para oferecer respostas. Destaca-se ainda que, se relacionarmos esse tipo de pesquisa com a concepção de avaliação da aprendizagem que apresentamos anteriormente, é fácil perceber que uma metodologia de pesquisa que visa analisar a aprendizagem e que utiliza

conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?” de Eduardo Fleury Mortimer, publicado em 1996 na revista *Investigações em Ensino de ciências* (MORTIMER, 1996).

⁷³ Em muitos casos, as aplicações em sala de aula eram realizadas enquanto uma intervenção pontual, em que pesquisadores ingressavam em sala de aula, desenvolviam a proposta, coletavam dados e, depois, não mais participavam das aulas. Essa forma de intervenção é, hoje em dia, alvo de muitas críticas tanto por professores e gestores educacionais como por pesquisadores em educação e educação em ciências.

para a coleta de dados somente questionários (ou outros instrumentos), em momentos prévios ao início de uma implementação de atividades e ao final, não permitirá captar aspectos relevantes do processo de aprendizagem. Tais pesquisas poderão dizer, no máximo, se houve ou não alguma aprendizagem geral, mas não permitirão informações sobre como ocorreu (ou não), de fato, a aprendizagem. Assim, qualquer resultado dessas pesquisas torna-se bastante limitado quanto a uma interpretação do que ocorreu em termos de ensino e aprendizagem.

De fato, o olhar sobre o “como” caracteriza parte da diversificação que a pesquisa em educação em ciências sofreu a partir da última década do século XX. Buscar entender o “como”, algo que as pesquisas sobre mudanças conceituais e concepções alternativas não se dedicaram a compreender de forma efetiva, contribuiu para que a educação em ciências assumisse novas referências teóricas, não somente oriundas da psicologia da aprendizagem, mas também da sociologia, da filosofia, da neurociência, da própria pedagogia em geral, entre outras áreas do conhecimento.

Assumindo as contribuições da didática geral sobre avaliação da aprendizagem, podemos afirmar que uma pesquisa que se propõe a estudar a aprendizagem em situações reais de sala de aula, em que há a implementação de um plano de ensino, pode buscar os dados para a análise em uma diversidade de meios de externalização do conhecimento construído pelos alunos, o que inclui os processos dialógicos que se dão nas aulas ou mesmo na diversidade de tarefas que os alunos desenvolvem. Assim, além de ser insuficiente que se façam somente análises *a priori* e *a posteriori* do processo de ensino e aprendizagem, deve-se buscar, nos próprios instrumentos de avaliação da aprendizagem em uma perspectiva formativa, aqueles que sejam potenciais para a coleta de dados de pesquisa.

Nem toda pesquisa envolvendo o planejamento didático irá analisar diretamente a aprendizagem. Mas se o faz, é natural que pense em instrumentos de coleta de dados que são parte do próprio desenvolvimento das atividades. Por exemplo, no referencial teórico-metodológico de pesquisa SEA, no qual a PBD é inspirada, é comum que se busque utilizar dados “naturais” nas situações de aula.

Quando a pesquisa desenvolvida segundo a linha de SEA busca investigar a aprendizagem diretamente, os instrumentos escolhidos estão relacionados com a própria concepção de aprendizagem que se assume. Por exemplo, quando as atividades se sustentam em princípios socioculturais, como na ideia de que a aprendizagem ocorre como resultado da interação dialógica e intersubjetiva, os dados que acabam sendo analisados são, prioritariamente, os diálogos que se dão em sala de aula. Assim, além dos diálogos servirem ao professor como meio de avaliação da aprendizagem, gravações em áudio e vídeo das interações que ocorrem em sala de aula constituem-se como dados de análise.

Em outro exemplo, se a aprendizagem é assumida em uma perspectiva segundo princípios psicocognitivos, é comum que, além do diálogo, opte-se por utilizar dados envolvendo registros escritos e gráficos de alunos, como é o caso do uso de mapas conceituais. Tais produções servem igualmente como meios de avaliação da aprendizagem e como dados de pesquisa.

Em mais um exemplo, se há princípios epistemológicos que relacionam a aprendizagem com formas de agir cientificamente, como é o caso de elaboração de hipóteses e proposição de modelos em atividades em sala de aula, busca-se verificar a forma como os alunos se organizam e executam atividades investigativas em sala, lidando com modelos explicativos da ciência e deles próprios.

Logo, é possível perceber que qualquer ação e ideia registrada em papel, em produções virtuais, ou que possa ser registrada em vídeo ou áudio serve de fonte de dados para a análise em função daquilo que buscamos investigar. Até mesmo o caderno de campo, que consiste no registro das observações do próprio pesquisador, é útil nessa análise.

Assim, a pesquisa baseada no planejamento didático, que investiga especificamente a aprendizagem, destina uma atenção especial ao processo de avaliação da aprendizagem em si, chegando a atribuir à parte dos instrumentos didáticos utilizados para a avaliação da aprendizagem um papel, também, de instrumentos de coleta de dados de pesquisa.

Ao final deste capítulo, são apresentados exemplos de instrumentos de avaliação e coleta de dados utilizados em três pesquisas que buscaram

investigar a aprendizagem ou outros aspectos envolvidos no planejamento e implementação de SDs.

Algumas considerações

A discussão sobre a avaliação da aprendizagem não é recente, assim como não é recente o olhar sobre a aprendizagem nas pesquisas realizadas na área de educação em ciências. Apesar da diversificação das investigações sobre o ensino e aprendizagem, em que a aprendizagem ocupa, em alguns casos, um espaço mais indireto nas análises, o olhar sobre a aprendizagem ainda é pertinente e necessário. Pesquisar e atuar no ensino é, inevitavelmente, pesquisar e atuar direta ou indiretamente sobre a aprendizagem, afinal, não existe ensino se não há aprendizagem e o objetivo último do processo educativo é gerar aprendizagens, contribuindo com a formação dos alunos.

A linha teórico-metodológica de pesquisa de SEA e a própria PBD valorizam a dimensão da aprendizagem, colocando-a como um dos pilares das construções teóricas e do planejamento didático. Isso ocorre especialmente a partir da definição de atividades que possibilitam, efetivamente, verificar o que ocorre nas aulas. Essa verificação permite, ainda, de forma criteriosa e como interesse de pesquisa ou pedagógico, analisar os resultados obtidos nos espaços de sala de aula.

O olhar sobre a aprendizagem é, assim, uma das lentes de análise da implementação de uma sequência didática ou de uma unidade didática. Mesmo que o foco de análise não seja diretamente a aprendizagem, o olhar para a avaliação da aprendizagem pode servir como um dos parâmetros para compreender o que de fato ocorre na implementação, em sala de aula, de um plano de ensino.

No próximo capítulo, buscaremos discutir outro processo envolvido nas pesquisas na linha das SEA: a validação de princípios de design. Ao fazer isso, ainda que entendamos que esse processo é exclusivo da pesquisa, e não do modelo PBD, assumimos que uma discussão sobre a validação de princípios contribui para o olhar analítico sobre o planejamento e implementação de SDs.

Exemplo de atividades avaliativas em seqüências didáticas

A avaliação na seqüência didática “De Thomson aos aceleradores de partículas”

Em capítulos anteriores, apresentamos diferentes aspectos presentes na SD “De Thomson aos aceleradores de partículas”, a qual serviu de pano de fundo para uma pesquisa que buscava verificar os obstáculos de aprendizagem presentes no estudo do tópico de estrutura da matéria na disciplina de Física em nível médio.

Conforme já discutido em outros capítulos, a partir de um princípio psicocognitivo, na elaboração da SD foi assumida uma concepção de aprendizagem como um aperfeiçoamento de modelos explicativos dos alunos em direção ao modelo conceitual alvo. Enquanto um aprofundamento teórico da pesquisa que foi realizada, essa concepção de aprendizagem foi reformulada incluindo a noção de obstáculos epistemológicos, assumindo que tais obstáculos atuavam no intervalo entre modelos explicativos, impedindo o aperfeiçoamento deles.

Assim, reconhecer os obstáculos epistemológicos que atuavam no processo de aprendizagem representava o olhar sobre o “como” ocorria (ou não) a aprendizagem. Considerando que os obstáculos epistemológicos só podem ser percebidos a partir da externalização, pelos alunos, daquilo que compreendem e constroem (seus modelos explicativos), foram considerados como meios de avaliação da aprendizagem, na perspectiva formativa, a interação dos alunos entre si e entre os alunos e o professor, assim como o registro das compreensões individuais.

No plano de ensino apresentado, disponível no quadro ao final do capítulo 3 deste livro, na seção “V. Avaliação”, há a seguinte informação:

Será efetuada uma avaliação formativa ao longo de toda a seqüência, com base nas respostas que os alunos dão para todas as perguntas que guiam a atividade. Ao longo da seqüência didática, os alunos anotam suas respostas em papel, o qual é entregue ao professor para a análise.

Obs.: a abordagem contextual e histórica envolvida em toda a sequência deve facilitar a compreensão do conteúdo, permitindo uma associação entre os diferentes conceitos, fenômenos e objetos (partículas, experimento etc.). De certa forma, é essa inter-relação que deve ser alvo de avaliação.

Essa informação explicita que o principal instrumento de avaliação da aprendizagem era o conjunto de respostas fornecidas pelos alunos ao longo de toda a SD e que eram registradas em papel. Nas atividades, os alunos preenchiam um “dossiê de aprendizagem” que possuía perguntas-chave relacionadas com hipóteses, compreensão de modelos da ciência, verificação da validade das hipóteses, elaboração de explicações etc. Um recorte das perguntas presentes no dossiê é apresentado na Figura 9.2.

Vale destacar que não consta no quadro (e deveria constar!) que as exposições de ideias de forma oral também seriam um meio de avaliação da aprendizagem. A não indicação no quadro do plano de ensino foi um erro causado pelo fato desse meio de avaliação não ser algo material, como é o caso de um recurso físico como um registro em papel. Acabou considerando-se que a interação seria parte de todo o processo, não a indicando no plano e, com isso, aparentemente diminuindo seu papel na avaliação. Contudo, ao longo da implementação das atividades, os diálogos que foram mantidos entre alunos e entre eles e os professores, assim como a própria produção escrita dos alunos mediante o preenchimento do dossiê de aprendizagem, serviram como ferramentas decisivas para a interpretação do processo de ensino e aprendizagem, gerando, inclusive, alterações nos períodos de redesign da SD. Enquanto dados de pesquisa, os diálogos durante as aulas (e as aulas como um todo) foram gravados em vídeo e áudio, tendo sido analisados também, posteriormente, para a verificação da atuação dos obstáculos epistemológicos.

Pelo exposto, entendemos que a SD “De Thomson aos aceleradores de partículas” e seus instrumentos de avaliação, explicitados ou não, são exemplos de meios de avaliação da aprendizagem que coincidiram com meios para uma análise de pesquisa.

Figura 9.2. Trecho do dossiê de aprendizagem, com as perguntas envolvidas nas atividades sobre o modelo atômico de Thomson e sobre o experimento que demonstrou o espalhamento de Rutherford.

III- ESTRUTURA DO ÁTOMO

4. Modelo de Thomson

4A. A partir da imagem do mapa de trajetórias, indique como você acha que Rutherford podia explicar:

- que as partículas alfa atravessavam o átomo;

- que quando as partículas alfa atravessavam o átomo se desviavam um pouco;

- que as partículas que não atravessavam o átomo também se desviavam.

5. O espalhamento de Rutherford

5A. Tendo em conta o modelo de Thomson, em que ângulos deveria ser colocado o visor para se obter a maioria de *flashes* possíveis?

5B. Segundo o modelo de Thomson era esperado obter um *flash* com ângulos grandes?

5C. O que se observa quando o visor é colocado com ângulos pequenos?

5D. O que se observa quando o visor é colocado com ângulos grandes?

5E. Como você explicaria os resultados obtidos quando o visor é colocado com ângulos grandes?

5F. Naquele momento histórico já se sabia que a partícula alfa era muito maior e mais massiva que os elétrons, e que ambos eram muito menores que o átomo. A partir desta informação, você poderia acrescentar algo à explicação que você forneceu na questão anterior?

5G. Pode-se concluir que o modelo atômico de Thomson está de acordo com os resultados que foram obtidos com a simulação?

Fonte: Pessanha (2014, p. 226).

A avaliação na sequência didática “Localização pelo que pode ser visto no céu”

A SD “Localização pelo que pode ser visto no céu”, já apresentada no capítulo 4 deste livro, consistiu no produto didático elaborado em um trabalho de mestrado profissional⁷⁴. Na SD há uma descrição do processo avaliativo:

A avaliação se dará de forma formativa, a partir dos diálogos entre o professor e os alunos, ao longo de dez aulas de 50 minutos. Contudo, para atender às exigências da escola e para facilitar a atribuição de notas, é prevista uma avaliação pontual, de caráter somativo, na última aula.

A sequência se destaca por empregar instrumentos avaliativos variados, com objetivos diagnósticos, formativos e somativos. Como se vê no trecho em destaque, os diálogos entre professor e alunos serviriam de instrumento para a coleta de informações sobre a aprendizagem dos alunos.

Assim, as atividades foram elaboradas de modo a possibilitar os momentos de diálogos. Se é esperado que os diálogos sejam meios de avaliação, é natural que se busque, no planejamento, definir atividades que demandem dos alunos a exposição daquilo que compreenderam. Nas atividades, uma ferramenta que parece cumprir esse papel é o conjunto de textos de uma história do piloto perdido: as atividades são organizadas em torno das histórias que apresentam situações-problema, com dinâmicas envolvendo a leitura dos textos, discussões em grupo ou discussão conjunta de toda a turma com a participação do professor. Nessas discussões, ocorre a apresentação de possíveis soluções, tanto

⁷⁴ O produto didático envolveu não somente a produção de uma SD, como também a elaboração de muitos dos materiais didáticos utilizados, tais como textos, jogos, avaliações etc. Vale destacar que, no referencial de pesquisa SEA, tem sido algo frequente a produção da SD e dos materiais que a compõem. Isso tem ocorrido tanto em pesquisas de mestrado (profissional ou acadêmico) como em pesquisas de doutorado e pós-doutorado que são realizadas com base nessa linha de pesquisa.

pelo professor como pelos alunos, e há a verificação das compreensões nos diálogos.

A Figura 9.3 apresenta um recorte de um dos textos que apresenta uma situação-problema:

Figura 9.3. Um dos textos utilizado nas atividades, em que uma situação-problema é apresentada.

Os elementos astronômicos visíveis
(M01-C) Material 01 – C: O piloto perdido

O PILOTO PERDIDO – C: LOCALIZAÇÃO À NOITE POR MEIO DE CONSTELAÇÕES ESPECÍFICAS

Para economizar as pilhas do rádio o piloto só entrou em contato novamente com o seu grupo após percorrer os 12km para o leste e chegar até a ponte. Graças à ajuda do seu grupo o piloto conseguiu caminhar os 12km para o leste, mas agora ele precisa caminhar mais 16km para o sul. Assim, novamente ele faz o contato pelo rádio:

— Amigos, muito obrigado por me ajudarem a encontrar o leste, mas preciso que me ajudem novamente. Preciso encontrar o caminho para o sul, alguém pode me ajudar? Lembrem-se que tenho este rádio e algumas figuras de constelações.

Fonte: Moreira (2015, p. 122).

A SD ainda possui dois momentos de avaliação diagnóstica (levantamento de concepções prévias) e mais um momento de avaliação somativa.

Para a avaliação diagnóstica, na primeira aula prevista há uma atividade baseada em um questionário individual (Figura 9.4) e em uma tabela que é montada colaborativamente, em uma discussão conjunta envolvendo toda a turma (Figura 9.5). Além dessas atividades realizadas na primeira aula, há um momento previsto para a aula seguinte, em que os alunos participam de um jogo de tabuleiro que tem como objetivo, também, o levantamento de concepções prévias mais gerais sobre astronomia. A Figura 9.6 apresenta parte da folha de instruções do jogo e a Figura 9.7 apresenta uma imagem do tabuleiro. Ao final da sequência, tendo em vista as exigências da própria escola em que foram aplicadas as atividades, é proposta uma avaliação somativa que, além de permitir uma

visão mais finalista da aprendizagem dos alunos, permite atribuir notas e atender às exigências da escola sobre haver provas escritas tradicionais. A prova elaborada, apresentada nas Figuras 9.8, 9.9 e 9.10, serve como um instrumento de verificação final de aprendizagem, cujos resultados são compreendidos mais adequadamente quando comparados com os demais resultados de avaliação.

Figura 9.4. Atividade para a avaliação diagnóstica.

Os elementos astronômicos visíveis
(M02) *Material 02: Questões da primeira aula*

QUESTÕES²¹ DA PRIMEIRA AULA

1. O que você conhece ou já viu no céu?

2. O que você gostaria de aprender mais sobre o que conhece ou já viu no céu?

3. Faça um desenho de como é o céu durante o dia.

4. Faça um desenho de como é o céu durante a noite.

²¹ Questões inspiradas no caderno do aluno, 1º bimestre do 7º ano, ciências da natureza, distribuído pelo governo do estado de São Paulo para o ensino fundamental das escolas públicas paulistas, página 6.

Fonte: Moreira (2015, p. 125).

Figura 9.6. Instruções do jogo de tabuleiro.

REGRAS DO JOGO

Antes do início:

O tabuleiro deve ser colocado sobre a superfície onde os jogadores irão jogar. Cada jogador deve escolher um dos pinos coloridos para lhe representar durante o jogo. Para iniciar o jogo, todos os pinos devem ser posicionados no pentágono indicado com a palavra "início", próximo da figura do planeta Terra no tabuleiro principal.

Durante o jogo:

Em sua vez de jogar, o participante lançará o dado e moverá seu pino pelas casas do jogo correspondente ao número que obteve no dado. Segundo a cor da casa que for alcançada após o lançamento do dado, poderá haver uma ação específica. Nas casas de cor verde o jogador pode ficar livremente, sem que tenha que responder uma pergunta. Nas casas de cor vermelha, o jogador deve responder a uma pergunta que o seu antecessor irá retirar das cartas de perguntas e respostas. Por fim, nas casas de cor azul, o jogador deve seguir a ordem descrita em um cartão de ordem que ele irá retirar de um monte.

Fonte: Moreira (2015, p. 99).

Figura 9.7. Instruções e imagem do jogo de tabuleiro.

TABULEIRO DO JOGO

No tabuleiro do jogo, representado na figura 2, há no centro, como imagem de fundo, a representação do Sistema Solar. Em torno dos astros representados na imagem de fundo foram construídas as casas que deverão ser percorridas pelos pinos de cada jogador. Há também um quadrado em azul onde devem ser colocados os cartões de ordem e um retângulo vermelho onde devem ser colocadas as cartas de perguntas e respostas. As imagens numeradas que estão abaixo no tabuleiro fazem parte do jogo e haverá perguntas nas cartas relativas a essas imagens. Na parte inferior direita há uma imagem representando um buraco de minhoca que pode fazer a ligação entre o tabuleiro principal e outros tabuleiros auxiliares que serão chamados de *Universos Paralelos*, os quais podem ser criados de acordo com o tema de astronomia que guiará o jogo.



Figura 2 – tabuleiro principal do jogo

Fonte: Moreira (2015, p. 100)

Figura 9.8. Primeira parte da avaliação somativa.

Os elementos astronômicos visíveis
(M06) Material 06: Avaliação Somativa

AValiação²³

1. O que você conhece ou já viu no céu?

2. O que você aprendeu durante a aplicação das atividades de astronomia?

3. Classifique dentro dos parênteses, com uma nota de 1 a 5, as atividades realizadas que você mais gostou, sendo 5 a que você mais gostou e 1 a que você menos gostou:

() Jogo de Tabuleiro

() Usar o programa Stellarium

() Construir a maquete do Cruzeiro do Sul

() Resolver os problemas na história do **piloto perdido**

() Criar as suas constelações

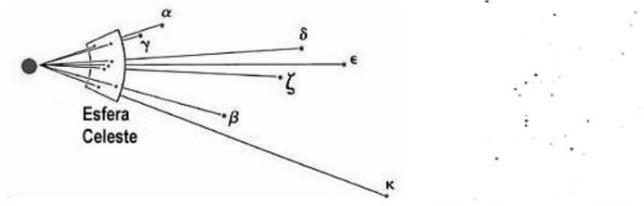
4. Você acha que essas atividades lhes ajudaram a aprender sobre astronomia? Por quê?

²³ Essa avaliação foi inspirada no caderno do aluno, 1º bimestre do 7º ano, ciências da natureza, distribuído pelo governo do estado de São Paulo para o ensino fundamental das escolas públicas paulistas.

Fonte: Moreira (2015, p. 129).

Figura 9.9. Segunda parte da avaliação somativa.

5. Nas figuras a seguir são representadas uma mesma constelação.



a) Qual é a constelação representada nas figuras? Como você descobriu?

b) Você acha que alguma das representações acima está mais correta que a outra? Por quê?

6. Imagine que em um dia à noite, olhando para o céu, você consegue ver a constelação cruzeiro do Sul, como no desenho abaixo.

a) Indique no desenho onde seria o Sul.

b) Indique no desenho para que lado seria o Leste e para que lado seria o Oeste.



Fonte: Moreira (2015, p. 130).

Figura 9.10. Terceira parte da avaliação somativa.



Fonte: Moreira (2015, p. 131).

Na pesquisa realizada, em que a SD fez parte, foram consideradas como instrumentos de coleta de dados as avaliações diagnósticas e somativa, que permitiram um olhar individualizado sobre a aprendizagem. Contudo, foi especialmente relevante o uso dos registros do professor, feitos sempre após cada aula, para melhor compreender os resultados obtidos.

Como a pesquisa assumiu a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel como um referencial teórico principal, a verificação da aprendizagem e a compreensão do processo pelo qual ela se deu constituíram, efetivamente, a análise da pesquisa. Para isso, sob a óptica da teoria, buscou-se verificar o papel das atividades no levantamento das concepções e, também, em possibilitar os processos de diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, os quais são basilares na teoria (AUSUBEL, 2003). Foi em função desses conceitos que foi feita toda a análise e discussão da pesquisa.

A avaliação na sequência didática “Paradoxo dos gêmeos”

Uma SD ainda não utilizada como exemplo neste livro, intitulada “Paradoxo dos gêmeos”, foi elaborada como parte de uma pesquisa de mestrado acadêmico que buscou investigar o encadeamento das atividades a partir da noção de fluxo. Nessa noção, uma SD é compreendida como organizando-se ao longo do tempo e nos espaços de sua produção. Assim, as atividades e suas partes se interconectam conforme passa o tempo e em função dos espaços de realização da atividade. Uma explicação mais detalhada é apresentada na dissertação de mestrado do autor (NICOLAU JÚNIOR, 2014).

Na pesquisa de Nicolau Júnior (2014), a aprendizagem não era o alvo principal e tampouco havia a concepção de um produto didático como é característico em um mestrado profissional. Ainda assim, por seguir uma linha teórico-metodológica centrada no planejamento didático, a pesquisa se concentrou no processo envolvendo a elaboração e implementação didática, tendo como foco de análise as respostas dos alunos e professores relativas aos “enlaces” didáticos propostos.

Ao analisarmos as atividades que compõem a SD elaborada, identificamos critérios e instrumentos de avaliação. Percebemos que, ao longo das atividades, é esperado que os alunos exponham suas compreensões parciais e finais sobre o conteúdo tratado, em alguns momentos. Tais compreensões, manifestas por diferentes meios, serviriam de fonte de avaliação. Além disso, foi definida uma avaliação local em quase todas as atividades, com apenas uma questão, que busca levantar a compreensão geral do aluno sobre o que foi discutido na atividade, a partir de uma resposta escrita com poucas palavras. Destaca-se ainda que o processo avaliativo também contempla exposições orais na forma de seminários, que estão previstos para ocorrerem como uma última etapa da SD.

A avaliação da aprendizagem é, assim, diversificada no tempo e nos instrumentos: há várias atividades realizadas em grupo, com exposições, registros em papel etc., as quais servem para verificação das compreensões dos alunos.

Para mobilizar as discussões e, por consequência, motivar os alunos e possibilitar que eles exponham suas ideias, a SD prevê materiais fictícios, como aquele apresentado na Figura 9.11. As atividades, organizadas a partir de uma dinâmica de trabalhos em grupo seguidos de diálogos conjuntos de toda turma, levam os alunos a interagirem mais do que normalmente ocorreria em uma situação de aula expositiva.

Figura 9.11. Matéria fictícia e perguntas utilizadas na atividade que introduz a questão do paradoxo temporal.

A figura abaixo é uma cópia extraída de um artigo recentemente publicado pelo Jornal Relatos. Leia a notícia e reflitam as seguintes questões propostas. Logo após, sigam as orientações do professor.

JORNAL RELATOS

020799 São PauloDomingo, 9 de outubro de 20

Ciência

Gêmeos são encontrados nos EUA com 8 anos de diferença entre suas idades

Dois irmãos gêmeos nascidos no Texas se re-encontraram após alguns meses de separação e descobriram que não possuem a mesma idade.

Nessa última sexta-feira, dois irmãos gêmeos dos EUA se re-encontraram após alguns anos separados. O caso não teria sido tão surpreendente se não os mesmos não tivessem tomado um turno ao observarem suas aparências físicas. Ambos, apesar de terem nascido no mesmo dia e da mesma mãe - com alguns minutos de diferença - apresentaram idades diferentes. O espanto da família Cooper se deu pela assombrosa visão dos gêmeos com aspectos tão distintos.

Quando questionados sobre suas idades, o irmão "mais velho" Adam Cooper disse possuir 42 anos enquanto o irmão aparentemente "mais jovem" disse ter apenas 34 anos. O caso intrigou mesmo renomados especialistas. A bióloga Amanda Pety disse que há indícios de que os gêmeos podem sofrer de uma doença rara. Segundo ela: "Não há outra explicação para o caso. Um

dos irmãos sofre de uma deformidade no gene Y que faz com que o envelhecimento das células seja acelerado. Esse tipo de transgressão genética é muito comum em tribos indígenas do Sul da Venezuela. Outros pesquisadores da mesma Universidade de Nova York, especialista em casos psiquiátricos que ocorrem

entre irmãos, comentou o caso. "A necessidade de encontrar uma identidade individual faz com que alguns irmãos acabem por viver uma vida extremamente diferente da do outro, implicando em um desgaste emocional e consequentemente, físico. Isso apresenta um desvio de contagem entre eles, que reflete no aspecto

psicológico e no biológico também. Assim, apesar de apresentarem idades diferentes eles só estão fisicamente diferentes pelas experiências de vida", comentou o psicólogo Gene Simmons. Caso ainda sem solução, os irmãos aproveitaram o tempo livre para conversarem sobre o tempo em que ficaram separados. Adam comentou que "a diferença de idade também parece ter influenciado nossas experiências. Meu tempo foi mais ríscos, vivi mais coisas, enquanto Sheldon teve menos oportunidade de aprender a vida". O irmão Sheldon rebatou a afirmação dizendo: "Que absurdo! O fato é que, apesar de parecerem ser mais jovens, tenho muito mais conhecimento que Adam. Enquanto os irmãos não chegaram a um acordo, a mãe dos rapazes já convocou uma vigília entre os integrantes da igreja local para orar pelos filhos e pedir à Deus que "salve seus filhos dessa blasfêmia". Sheldon reitera todas as afirmações dadas para o caso e afirma não entender o porquê de tanta confusão. Para ele, há uma explicação física muito simples para a situação!



Irmãos Cooper: Adam e Sheldon

Transmissão

Questões a serem refletidas pelo grupo:

- 1 – O que aconteceu com os irmãos? É possível que existam diferentes idades para irmãos que nasceram no mesmo dia, 'quase' ao mesmo tempo?
- 2 – Das explicações apontadas pelo artigo, elas conseguem justificar a diferença de idades entre os irmãos? Quais delas e por quê?
- 3 – Vocês conseguiriam apresentar, de forma coerente, outra explicação para esta situação?

Fonte: Nicolau Junior (2014, p. 194).

Há, também, propostas de atividades com análise de materiais audiovisuais, como aquela que envolveu vídeos (produzidos de antemão pelo professor, pesquisadores e alunos) e jogos (quizzes), que também buscam mobilizar os alunos e estimular que exponham suas compreensões. Na atividade, com base em dois vídeos, é realizado um jogo que envolve a produção de outro vídeo. Uma descrição, presente no material entregue aos próprios alunos, é apresentada na Figura 9.12.

Figura 9.12. Material da atividade envolvendo a produção de vídeos.

Atividade Paradoxal

Você já filmou alguma coisa? Normalmente quando filmamos alguma coisa é muito fácil sabermos se é a coisa ou a câmera que está em movimento, não é mesmo? Veja os vídeos 1 e 2 em sequência e comprove você mesmo como isso pode ser uma mentira!

O seu grupo irá participar de um QUIZ no qual ganha quem fizer mais pontos. Durante o jogo serão apresentados vídeos que gerem dúvidas sobre quem está se movendo: a câmera ou o objeto filmado, ou ainda se a algum deles está ou não em movimento.

Para ganhar o jogo, o grupo deverá criar um vídeo que atrapalhe o julgamento dos grupos adversários e acertar as questões sobre movimento feitas pelo professor sobre os vídeos feitos por eles.

Regras de confecção dos vídeos:

- O professor deverá receber dois arquivos de vídeo.
- A gravação deverá ser feita por duas câmeras simultaneamente. A primeira deverá conter o vídeo que confundirá as equipes adversárias, a segunda deverá revelar o modo como foi feito a filmagem a partir dos bastidores (making of). Em último caso serão aceitos arquivos gravados sequencialmente pela mesma câmera.
- Recursos como desajuste do foco, mudanças na iluminação, movimentos falsos ou outras ideias serão aceitos se for mantido o entendimento do vídeo.
- É permitida a edição dos vídeos (cortes, ajustes de cor ou brilho, retirada de bordas, etc)
- A filmagem deve ser real e não é permitida a inclusão de modelagem computacional.
- Vença seus adversários!



Recorte a linha pontilhada

CÂMERA



OBJETO



Fonte: Nicolau Junior (2014, p. 226).

Havia, ao longo das atividades, os registros escritos pelos alunos, que também serviram de instrumento de avaliação. Por exemplo, na Figura 9.13 são apresentadas atividades realizadas por alunos, envolvendo o registro escrito de respostas.

Figura 9.13. Atividades com registro escrito. Acima, uma atividade relacionada com o conceito de “instante”. Abaixo, uma atividade do tipo “avaliação local”, que era aplicada sempre ao final de um subtópico/etapa.

Escolha uma das explicações que você considere que seja a melhor em cada caso e explique o porquê da sua escolha.

Com céu aberto ao meio dia, o Sol brilha para todos!
 Isso acontece para todos, pois o brilhar do Sol independe das pessoas.
 Isso acontece somente para quem está sob o Sol, pois quem está fechado dentro de casa não percebe seu brilho naquele momento.

O que te levou a fazer essa escolha?

Porque o sol não depende de ninguém para brilhar, ele apenas brilha, não importa o momento ou situação.

Um animal nasce no meio de uma selva
 Isso acontece para todos, mesmo que não vejamos o filhote.
 Isso se tornará um acontecimento quando alguém localizar o filhote na selva
 Isso acontece somente para o animal e sua mãe, pois ninguém mais sabe sobre o nascimento.

O que te levou a fazer essa escolha?

Porque de qualquer forma o filhote nascera.

— Nesta atividade, apresentamos argumentos de Newton e Einstein sobre o significado de tempo. Explique o que você entende sobre a palavra “relativo”. Indique alguma coisa que não seja relativa segundo as ideias de Einstein.

Relatividade é o tempo que passa diferente para cada corpo, ou seja, se um corpo está em movimento passa de um jeito mais ou menos rápido para completamente diferente.

Fonte: Adaptado de Nicolau Junior (2014, p. 57-95).

Enquanto atividades de avaliação da aprendizagem, os diferentes instrumentos permitiram acompanhar o processo de construção

conceitual dos alunos ao longo de todas as aulas. Assim, temos nesse caso, como nas SDs anteriormente apresentadas, uma avaliação formativa que orienta possíveis reorganizações do plano de ensino, o que acaba sendo especialmente útil quando se trata das pesquisas baseadas no planejamento didático.

Com o foco de investigação da pesquisa não era, diretamente, a aprendizagem, mas sim o encadeamento didático das atividades mediante a noção de detalhes críticos⁷⁵ (VIENNOT, 2005), os instrumentos que acabaram sendo privilegiados como os geradores de dados para a análise foram entrevistas com os professores participantes, registros em vídeo e áudio, gravações em áudio das reuniões entre pesquisadores e professores, anotações de campo e materiais elaborados pelos alunos (como os apresentados na Figura 8.13).

Dentre esses materiais, a chamada “avaliação local” ocupou um lugar de destaque por permitir identificar, sob a perspectiva dos alunos, o encadeamento das atividades, inclusive verificando se eles conseguiam se situar naquelas atividades a ponto de imaginar as próximas. Assim, mais do que um instrumento de avaliação de aprendizagem, as avaliações locais foram úteis para, em um cruzamento com outros dados, analisar o foco específico da pesquisa que envolvia um aspecto didático do planejamento do ensino.

Algumas considerações sobre os exemplos apresentados

Os exemplos apresentados neste capítulo permitem-nos perceber que, em uma pesquisa envolvendo atividades de um plano de ensino, a análise repousará sobre o foco de pesquisa definido e os instrumentos de avaliação podem ser suficientes ou parte dos instrumentos de coletas de dados. Nesse sentido, quando o planejamento didático é parte de uma pesquisa, a avaliação cumpre um papel didático especialmente relevante, mas, também, um possível papel de fornecedor de dados de pesquisa.

⁷⁵ Ideia proposta pela pesquisadora francesa Laurence Viennot, em que se assume que há detalhes críticos, isto é, aspectos didáticos negativos, os quais possuem grande relevância no ensino-aprendizagem, ainda que não aparentem possuir.

O foco de pesquisa, destaca-se, é demarcado pelos objetivos e pela pergunta de pesquisa, os quais se espera que estejam claros. A pergunta e os objetivos podem estar relacionados, por exemplo, à aprendizagem e seu processo, como no primeiro e segundo exemplos apresentados neste capítulo: nas pesquisas em que as SDs eram parte, havia princípios psicocognitivos ou epistemológicos relacionados com aprendizagem que definiam o foco da pesquisa (obstáculos epistemológicos e modelos mentais/teoria de Ausubel e noções de diferenciação progressiva e reconciliação integradora). A pergunta e os objetivos podem remeter, também, a aspectos didáticos mais específicos, oriundos de referenciais da didática geral ou da didática das ciências, como é o caso das noções de fluxo e de detalhes críticos presentes na pesquisa envolvida no terceiro exemplo apresentado.

Por fim, vale destacar que tais processos avaliativos e analíticos contribuem, ainda, com o processo de aperfeiçoamento dos planos de ensino elaborados nos estudos que têm como base o planejamento didático: os resultados de aprendizagem e, de modo geral, os resultados das implementações dos planos de ensino sinalizam possíveis aperfeiçoamentos necessários, permitindo a construção de um conhecimento didático que, de certa forma, vai sendo validado durante a pesquisa a cada nova implementação.

Um aspecto que contribui com a construção de conhecimentos didáticos é a validação dos princípios de design que, ainda que não costume ser o foco de pesquisas realizadas no âmbito dos mestrados profissionais ou na própria PBD, é importante que seja conhecida e, por isso, será tratado no próximo capítulo.

Capítulo 10. Validação de princípios de design

Conforme exposto no capítulo anterior, a verificação da aprendizagem ocupou um lugar pioneiro como um indicador nas pesquisas na área de educação em ciências. É fácil compreender esse pioneirismo: é comum que se aponte que o objetivo inicial (e último!) de todo o processo educacional é a ocorrência da aprendizagem, de tal modo que se chega a afirmar que não há ensino sem que ocorra a aprendizagem.

Contudo, a área de pesquisa em educação em ciências mostrou, ao longo dos anos, que a compreensão da aprendizagem se dá por um olhar diferente daquele que as investigações na década de 1970 e 1980 costumavam ter: verificar a aprendizagem somente ao final de um processo de ensino (por exemplo, ao final de um bimestre) começou a ser apontado com um caminho não muito adequado, não somente para fins pedagógicos, mas também para fins de pesquisa. Ademais, podemos afirmar que compreender a aprendizagem requer muito mais do que somente verificar os resultados finais de um período de ensino. Se por um lado os resultados de aprendizagem são importantes para perceber se houve algum sucesso educacional, por outro lado, pela complexidade dos processos educativos, esses resultados não são autoexplicativos, sendo necessário compreender como ocorreu a aprendizagem.

Logo, é dada uma importância ao processo de ensino e aprendizagem como um todo, buscando nele, e não nos resultados finais, os indícios de uma aprendizagem que esteja ou não ocorrendo. Além disso, conforme também discutido no capítulo 9, no trabalho docente, verificar a aprendizagem no processo permite que sejam feitas aquelas adequações que, não previstas, parecem ser necessárias para que de fato os alunos desenvolvam as suas compreensões no sentido esperado. De

certo modo, a concepção de avaliação formativa tem o seu cerne nesta ideia do olhar sobre o processo.

Também discutimos, no capítulo anterior, sobre o quanto a tentativa de compreender o como levou as áreas de pesquisa em educação e em educação em ciências a diversificarem seu olhar, de modo que parte dos estudos nesses campos passaram a analisar, em especial a partir da década de 1990, não diretamente a aprendizagem, mas sim outros aspectos que se tornam relevantes para compreender o fenômeno educacional⁷⁶.

No caso das pesquisas envolvendo o planejamento didático, ainda que em menor impacto, essa diversificação também está presente. Na linha teórico-metodológica das SEA, podemos afirmar que a diversificação está representada nas próprias fontes dos princípios de design, que, oriundos de diferentes “regiões” do losango didático (discutido no capítulo 2), fomentam as escolhas didáticas durante o planejamento.

A depender dos princípios de design escolhidos, o estudo sobre o planejamento didático pode privilegiar não diretamente uma análise da aprendizagem, mas sim outros aspectos presentes nas situações de implementação do plano de ensino, os quais, ligados aos princípios de design, possibilitarão uma melhor compreensão das contribuições e limites do plano de ensino, ou seja, de seus recursos, abordagens e práticas/atividades.

⁷⁶ Atualmente, não somente aspectos de aprendizagem e do ensino são analisados, mas também elementos relacionados com questões sociais, políticas, econômicas, filosóficas, culturais, curriculares, étnicas, de gênero, etc., as quais permitem aprofundar o olhar sobre os processos e fenômenos educacionais que, ainda que não envolvam a aprendizagem em si, interferem, condicionam ou delimitam muito do que ocorre em sala de aula.

Viabilidade, eficácia e a validação de sequências didáticas (e seus princípios)

A linha SEA surge e se consolida tendo, entre outras motivações, a intenção de não somente identificar os resultados da implementação de uma SD (ou outro tipo de plano de ensino), mas de compreender o processo de produção dos resultados. Sobre isso, Méheut e Psillos (2004, p. 528, tradução nossa) afirmam:

[...] podemos pensar sobre as seguintes afirmações: “Uma sequência pode ser muito eficaz sem que saibamos realmente o porquê”... ou... “Uma sequência pode ser menos eficaz, mas experimentar permite-nos saber o porquê”... ou... o que é melhor... “Uma sequência pode ser muito eficaz e sabemos exatamente o porquê”. Portanto, experimentar uma SEA pode levar a dois tipos de resultados interessantes: resultados em termos de valor pragmático (viabilidade, eficácia, etc.) e/ou resultados em termos de validade científica (compreensão dos processos de aprendizagem, teste de teorias de aprendizagem, etc.).

Para os autores, os estudos em torno das SEA permitem atender o interesse mais imediato relacionado com a aprendizagem proporcionada e com a aplicabilidade e eficácia de um plano de ensino. Contudo, também permitem atender o interesse pela efetiva compreensão em uma perspectiva da validação científica. Sobre esse segundo interesse, ele vai ao encontro do que temos discutido sobre a diversificação dos instrumentos de avaliação e também dialoga com o entendimento de que compreender o processo de ensino e aprendizagem, em seus detalhes, é o que permite que os resultados de aprendizagem sejam de fato explicados. Uma palavra-chave nessa postura dos estudos das SEA é “validação”.

Nas pesquisas em educação e educação em ciências, o termo validação é, de certa forma, problemático. Enquanto validar resultados nas ciências exatas, médicas e biológicas é algo de relativa facilidade⁷⁷, o

⁷⁷ A facilidade reside no fato de haver métodos bem definidos e eles serem suficientes para a análise. Sem dúvidas, há um grande esforço teórico-metodológico envolvido, e um

mesmo não pode ser dito da área de pesquisa em educação, ou nas ciências humanas em geral. Nas ciências exatas, médicas e biológicas há métodos consagrados, muitos dos quais pautados na análise estatística/quantitativa de dados de pesquisa, em que a validação decorre da aplicação e replicação desses métodos, inclusive por outros grupos de pesquisadores que investigam os mesmos objetos de estudo. Nessas áreas, inclusive, a cada nova replicação de resultados, o conhecimento gerado tende a se consolidar e ser alvo de consensos, ao mesmo tempo em que os próprios processos de validação permanecem “consagrados”.

Essa leitura de um processo científico como envolvendo métodos mais claramente reconhecidos e aplicáveis é, sem dúvidas, simplificada, mas é fácil de reconhecer sua aplicabilidade nas ciências exatas, médicas e biológicas. Contudo, não podemos dizer o mesmo sobre a pesquisa em educação e educação em ciências. Em alguns estudos educacionais específicos, por exemplo aqueles envolvendo um grande volume de dados⁷⁸, é até possível o uso dos mesmos métodos estatísticos/matemáticos para a realização da pesquisa. Porém, esse uso é restrito e, para outros focos de análise, como aquele envolvendo a sala de aula, pode ter grandes limitações na geração de novos conhecimentos e na efetiva compreensão do fenômeno educacional pesquisado.

De certo modo, a sala de aula representa um microcosmo em que a complexidade é tal que, em muitos casos, a simples presença de uma pessoa, uma palavra dita, uma ação ou gesto, entre outros agentes, ações ou objetos, é suficiente para alterar todos os resultados. Isso torna inviável ou pouco explicativa uma análise quantitativa em um estudo

entendimento de “facilidade” como sinônimo de “pouco trabalhoso” ou “compreensível sem muito esforço” não se aplica aqui. Em outras palavras, não se trata de uma pesquisa de uma área ser realmente mais fácil que a de outra área, mas sim de haver mais ferramentas e condições de contorno e controle que deem condições de análises mais objetivas.

⁷⁸ Por exemplo, estudos que buscam analisar condições socioeconômicas, estruturais ou políticas da educação em uma cidade, estado ou país demandam uma análise quantitativa que trará uma visão geral importante, ainda que tendo algumas limitações explicativas. Estudos desse tipo são extremamente importantes, por exemplo, para fomentar a discussão sobre as políticas públicas em educação.

comparativo realizado em uma mesma pesquisa (por exemplo, a comparação de duas turmas) ou uma análise sobre aspectos de aprendizagem em uma mesma turma. Se esse fator de mudança de resultados é relevante e ocorre no processo, é natural que a pesquisa passe a ter interesse em reconhecê-lo. Assim, uma análise quantitativa até poderia ser utilizada na pesquisa, mas para a compreensão mais profunda do que se analisa seria necessário lançar mão de uma abordagem mais qualitativa e, reconhecemos, com maior subjetividade. Efetivamente, é isso que tem sido feito em muitas pesquisas sobre a sala de aula.

Diante desse cenário, uma pergunta que pode ser colocada é: *como as interpretações geradas em uma pesquisa dessa natureza podem ser validadas?*

No caso das pesquisas na linha SEA, também se busca a validação e ela ocorre normalmente por métodos qualitativos e centrados no desenrolar das atividades de ensino. Segundo esses métodos, há comumente um foco na verificação das ações dos princípios de design e nos resultados parciais que eles permitem. Em outras palavras, a validação nesse tipo de pesquisa ocorre em torno do(s) princípio(s) de design escolhido(s), de tal modo que ele(s) próprio(s), em sua aplicação, está(ão) sendo ou não validado(s).

Ao se definir um princípio de design, é esperado que ele norteie as atividades de ensino. Assim, é no desenvolvimento dessas atividades em sala de aula, em situações reais com alunos, que se busca verificar se aquele princípio de fato se sustenta, agindo e levando a resultados como o esperado. Essa verificação realizada de forma criteriosa, analítica e interpretativa pode levar à esperada validação.

De maneira geral, no processo de validação nos estudos com as SEA, quando a ação efetiva ou os resultados esperados não são verificados busca-se compreender o que ocorreu. Esse processo de compreensão revela não somente a aplicabilidade de um princípio, mas os condicionantes na aplicação. Ao reconhecer algo que parece servir de dificultador à ação ou à obtenção dos resultados pretendidos, ou seja, ao elencar hipóteses de condicionantes, são feitas alterações no redesign.

Depois, dando sequência ao processo iterativo⁷⁹, em uma nova implementação é verificado se a condição limitante da aplicação é superada e, se assim for, há uma validação, ainda que acompanhada de um “asterisco” sobre de que modo há a validade.

É interessante notar que não há um abandono de um princípio de design quando ele parece não funcionar como esperado: em geral, no processo iterativo se tenta efetuar alterações e testá-las, para que se possa perceber como os princípios agem, geram resultados e segundo quais condições limitantes/condicionantes conhecidas e/ou removidas. A validação nas pesquisas com as SEA são, assim, processos que analisam e, portanto, validam ou não os próprios princípios de design, identificando os limites e situações em que a validade se estabelece.

Vale destacar também que, uma vez que há a revelação de condicionantes, o conhecimento gerado nessas pesquisas não resulta em provas cabais e definitivas que remeteriam a uma generalização máxima da aplicabilidade do princípio de design analisado. Em lugar disso, e como algo que tende a contribuir mais para a educação em ciências, o conhecimento gerado é situado com uma validação claramente ocorrendo segundo determinadas condições e contextos. De todo modo, é gerado um conhecimento com validade científica sobre processos de ensino e aprendizagem, que pode ser reproduzido, mas tendo em conta já alguns aspectos que podem contribuir ou dificultar a efetividade dos princípios ou do produto didático elaborado a partir dele.

Frequentemente, nas pesquisas no âmbito das SEA, esse processo de validação não é nomeado como tal. Contudo, é em torno dele que se constroem as discussões dos dados, em uma íntima relação entre os princípios de design, que também servem de referencial teórico, e os dados coletados. Destaca-se, ainda, que é comum que a pesquisa se dedique a estudar a ação e os resultados de somente um ou poucos princípios, não sendo isso um problema. Na realidade, o foco analítico em um ou poucos princípios é o suficiente até mesmo para

⁷⁹ Conforme já expomos neste livro, o processo iterativo nos estudos com as SEA envolve um processo cíclico de design, implementação, análise e redesign de SDs.

aprofundamentos maiores, por exemplo, aqueles esperados em pesquisas de doutorado.

No caso dos mestrados profissionais inspirados nas SEA ou na PBD, ainda que não necessariamente sejam realizados os vários ciclos de design e implementação como esperado em um processo iterativo, também é comum a análise mais centrada na ação de um ou poucos princípios. Nesse caso, quando o produto didático é um plano de ensino, geralmente os princípios estudados são aqueles que identificamos como os estruturadores; já quando o produto didático ocupa um lugar específico em uma etapa de um plano de ensino (como um jogo em uma atividade), um princípio de design estruturador ou mesmo secundário pode ser estudado, sendo necessário somente que ele esteja orientando àquela atividade específica em que se enquadra/localiza do produto.

O tópico a seguir é dedicado à apresentação de um exemplo de pesquisa de mestrado, em que se busca analisar momentos específicos de realização de atividades definidas em um plano de ensino, análise a qual compõe a avaliação interna da sequência didática, que assumimos aqui como a própria validação de princípios.

Exemplo de validação de princípios e de instrumentos utilizados

O exemplo aqui exposto trata-se de uma pesquisa realizada em um mestrado na área de educação em ciências e matemáticas na Universidade Federal do Pará (Ufpa) que, ainda que não tenha tido qualquer participação nossa, emprega muitos aspectos que temos discutido nos capítulos deste livro.

A pesquisa, intitulada *Do World Wide Web às partículas elementares: sequência didática baseada no método DBR-TLS com vistas à alfabetização científica e técnica*⁸⁰, envolveu a produção e aplicação de uma SD que

⁸⁰ Conforme expomos nos capítulos iniciais deste livro, a sigla TLS corresponde à sigla SEA na versão original em inglês. Já a sigla DBR, que, conforme também já expomos, significa *design-based research* (pesquisa baseada no design), é uma linha teórico-metodológica mais ampla, da qual as SEA, entendemos, é um caso particular.

abordou um tópico de FMC o qual, pela sua natureza, tem interseções também com a química.

A SD assumiu como um princípio de design, que reconhecemos como estruturador, a noção de alfabetização científica e técnica (ACT). Tal noção foi incorporada à pesquisa tendo como base as ideias de Fourez (1994) que, em seu livro, estabelece diferentes competências a serem assumidas pelos alunos, durante o ensino, para que seja possível o desenvolvimento da ACT.

A pesquisa envolveu o planejamento didático segundo as linhas DBR e TLS e, conforme afirma o próprio autor (RODRIGUES-MOURA, 2016)⁸¹, foram definidas atividades com um conjunto de elementos articuladores e problematizações que, vinculadas ao princípio de design, serviriam de esqueleto/estrutura das atividades. Como parte do produto didático da pesquisa, foi definido ainda um jogo de tabuleiro e uma atividade no formato de minicongresso.

Ao longo das atividades, além dos registros efetuados pelo próprio professor-pesquisador na forma de “diário de docência”, os alunos produziam em grupo registros das atividades na forma de *webfólios*. Segundo Rodrigues-Moura (2016), esses dois instrumentos acabaram sendo utilizados como os fornecedores dos dados de pesquisa, os quais foram analisados segundo um referencial metodológico conhecido como análise textual discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2007).

Ao ler a dissertação de mestrado do autor, é possível notar que a atividade envolvendo um minicongresso possui finalidades didáticas que se aproximam daquelas previstas para exames/provas aplicadas ao final de um período de ensino. No entanto, para o entendimento do processo,

⁸¹ Ao contrário do que fizemos em muitos dos capítulos anteriores, optamos por não apresentar aqui o plano de ensino adaptado ao formato que temos utilizados na PDB. Em lugar disso, sugerimos que o leitor consulte o material original de Rodrigues-Moura (2016), em especial o Apêndice B (produto educacional) disponível na dissertação que, na forma de material didático, apresenta detalhadamente as atividades. Sem dúvidas, algumas informações não se tornam aparentes no material disponível do Apêndice B da dissertação, contudo, entendemos que é suficiente para a compreensão dos aspectos tratados aqui, quando nos referimos à pesquisa de Rodrigues-Moura (2016).

o autor opta pelos webfólios, ferramentas avaliativas no processo, para a análise do ensino e aprendizagem e, também, do desenvolvimento das competências inerentes à alfabetização científica e tecnológica. Assim, há uma preocupação em aprofundar a análise e discutir dados do processo que respondam a como ele ocorreu. De fato, ligado ao princípio de design em torno da noção da ACT, a pergunta de pesquisa remete ao como: *como a implementação de uma sequência didática sobre física de partículas pode estimular a alfabetização científica e técnica?*

Segundo o autor, ao concluir suas análises, diferentes elementos da ACT foram identificados nos discursos dos alunos, sendo ainda recorrentes nos webfólios. Com isso, o autor concluiu que uma SD pensada segundo a ACT, com as atividades em torno das problematizações e dos registros escritos, foi adequada, naquele contexto, para o desenvolvimento de competências dos alunos. Assim, uma avaliação da aprendizagem relacionada com o desenvolvimento das competências e habilidades é efetuada e, mais do que isso, há uma validação interna do princípio de design que mostra que as atividades elaboradas segundo o referencial de Fourez (1994) de fato permitiram muitos dos resultados esperados.

Os discursos dos alunos, interpretados segundo a análise textual discursiva e à luz de Fourez (1994), validam o conjunto de atividades da sequência didática ao mesmo tempo em que reafirmam e, portanto, legitimam o próprio princípio de design. O autor ainda encontra aspectos pontuais que parecem dificultar o desenvolvimento das competências, informação que se torna relevante enquanto parte do conhecimento proporcionado pela pesquisa. Inclusive, ainda que a pesquisa não envolva novas implementações e redesign, o autor propõe que isso ocorra enquanto parte de trabalhos futuros, envolvendo outros alunos e professores.

Para que se tenha uma melhor ideia do processo de validação ocorrido, sugerimos a leitura da dissertação do autor, em especial dos capítulos de metodologia e de resultados e análises.

Por fim, vale destacar que essa validação é interna, no sentido que valida as próprias atividades e sua relação com o princípio de design, mas

também há uma validação externa, que mostra “como” o princípio parece atuar obtendo os resultados pretendidos e que pode, com as limitações contextuais, ser implementado em outras situações.

Considerações finais

Ao longo dos capítulos deste livro, buscamos destacar a relevância do planejamento didático e seu papel no aprofundamento das inter-relações entre teoria e prática pedagógica.

Para isso, após uma introdução sobre a noção de planejamento didático, apresentamos a PBD, que consiste em um modelo de planejamento aberto baseado nas noções de losango didático, princípios de design e estrutura didática. Além disso, buscamos demonstrar como esse modelo pode ajudar no acesso e, portanto, na diversificação dos reservatórios de saberes docentes, contribuindo para a elaboração de propostas e para a implementação de atividades de ensino e aprendizagem mais inovadoras.

No nono capítulo, buscamos retomar uma discussão já presente, há muitos anos, no campo da didática: a avaliação da aprendizagem. Buscamos demonstrar que a avaliação da aprendizagem é, também, uma avaliação do próprio processo de ensino e aprendizagem. Com isso, estamos atribuindo aos instrumentos e formas de avaliação um papel adicional de instrumentos e formas de análise do que ocorre na implementação do plano de ensino. Em outras palavras, a avaliação da aprendizagem atua como um dos balizadores para a interpretação do que ocorre no uso do modelo PBD. Conforme expomos, a própria pesquisa em educação em ciências, quando possui um foco na aprendizagem, também valoriza os instrumentos e formas de avaliação. Assim, é extremamente útil para pesquisa, e também para a prática docente, assumir uma perspectiva de avaliação formativa e processual que permite o acompanhamento da aprendizagem ao longo de todas as atividades.

Ao valorizar o processo reflexivo e analítico do professor, o modelo PBD pressupõe, portanto, uma distribuição de atividades avaliativas ao longo da SD elaborada. Mais do que isso, pressupõe uma inter-relação entre o processo avaliativo e as bases teóricas, isto é, os

princípios de design que sustentam as atividades. Vale destacar que a implementação do modelo PBD por um professor não requer, necessariamente, que sejam feitas análises com grande nível de profundidade, como características das pesquisas envolvendo o planejamento didático. Contudo, a relação entre as análises dos resultados e a interpretação de como os resultados se produziram são importantes não somente na pesquisa, mas na prática do professor. Assim, avaliar, a nosso ver, envolve compreender as nuances do fenômeno da (não) aprendizagem para, inclusive, reorientar o ensino.

Neste último capítulo do livro, em que tratamos da validação dos princípios de design, buscamos ilustrar como a pesquisa em educação em ciência referenciada na linha teórico-metodológica das SEA busca compreender o papel dos elementos teóricos em sua inter-relação com a prática didática. Conforme vimos, de forma intensiva, mediante a busca implícita ou explícita pela validação dos princípios de design, os estudos segundo a linha SEA articulam, interpretam, retificam e reelaboram os elementos teóricos e reconhecem seus limites e potenciais, a partir do que ocorre nas implementações de planos de ensino. Ainda que não caiba ao professor um processo de validação de princípios de design, por exemplo no uso do modelo PBD, compreender que princípios de design possuem limites, delimitações e interpretações segundo contextos é importante, pois sinaliza que elementos teóricos não devem ser abandonados após as primeiras frustrações ou exaltados e generalizados após os primeiros sucessos práticos.

Referências

- ABIB, M. L. V. S. Avaliação e melhoria da aprendizagem em Física. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. Capítulo 6.
- AFONSO, A. J. **Avaliação educacional**: regulação e emancipação. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2000.
- AIKENHEAD, G. S. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Eds.). **STS education**: international perspectives on reform. New York: Teachers College Press, 1994a. p. 47-59.
- AIKENHEAD, G. S. Consequences to learning science through STS: a research perspective. In: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Eds.). **STS education**: international perspectives on reform. New York: Teachers College Press, 1994b. p. 169-186.
- ALVES, M.; BEGO, A. M. A celeuma em torno da temática do planejamento didático-pedagógico: definição e caracterização de seus elementos constituintes. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em ciências**, v. 20, p. 71-96, 2020.
- ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. 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**, v. 30, n. 2, p. 362-284, 2013.
- ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. **Recherches em Didactique des Mathematiques**, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988.
- ASTOLFI, J. P. et al. **As palavras-chave da didáctica das ciências**. Lisboa: Instituto Piaget, 2002.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2003.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências**: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: CENGAGE Learning, 2003. p. 19-33.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BEGO, A. M. A implementação de unidades didáticas multiestratégicas na formação inicial de professores de química. **Textos FCC**, v. 50, p. 55-72, 2016.
- BERBEL, N. A. N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? **Interface – Comunicação, Saúde**,

Educação, v. 2, n. 2, p. 139-154, 1998.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Flip your classroom: reach every student in every class every day**. Arlington, VA: ISTE, 2012.

BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Investigações em Ensino de ciências**, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.

BROWN, A. L. Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. **The Journal of the Learning Science**, v. 2, n. 2, p. 141-178, 1992.

BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologique et les problèmes em Mathématiques. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 4, n. 2, p.165-198, 1983.

BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes de la didactique des Mathématiques. **Recherches en Didactique de Mathématiques**, v. 7, n. 2, p. 33-115, 1986.

CAMPOS, F. R. G. **ciência, tecnologia e sociedade**. Florianópolis: Publicações do IFSC, 2010.

CARVALHO, A. M. P. (Org). **Ensino de ciências por investigação: condições de implementação em sala de aula**. São Paulo: CENGAGE Learning, 2013a.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: CENCAGE Learning, 2013b. Capítulo 1.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHASSOT, A. I. Alquimando a Química. **Química Nova na Escola**, n. 1, 1995.

CHUERI, M. S. F. Concepções sobre a Avaliação Escolar. **Estudos em Avaliação Educacional**, v. 19, n. 39, p. 20-22, 2008.

CLEMENT, J. Model based learning as a key research area for science education. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 9, p. 1041-1053, 2000.

COLL, R. K.; FRANCE, B.; TAYLOR, I. The role of models/and analogies in science education: implications from research. **International Journal of Science Education**, v. 27, n. 2, p. 183-198, 2005.

COLLINS, A. Toward a design science of education. In: SCANLON E.; O'SHEA T. (Eds.). **New directions in educational technology**. Berlin: Springer, 1992. p. 15-22.

COLLINS, A., JOSEPH, D.; BIELACZYK, K. Design research: theoretical and

- methodological issues. **Journal of the Learning Sciences**, v. 13, n. 1, p. 15-42, 2004.
- COMO resposta de criança a exercício escolar provocou debate que mobilizou até ‘guardiões da língua espanhola’. **BBC News Brasil**, [S. L.], 20 out. 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-41689597>. Acesso em: 13 maio 2021.
- DELIZOICOV, D. Ensino de física e a concepção freireana da educação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 5, n. 2, p. 85-98, 1983.
- DELIZOICOV, D. **Conhecimentos, tensões e transições**. 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- FAIRSTEIN, G. A.; GYSSELS, S. **Como se ensina?** Caracas: Federación Internacional de Fe y Alegría, 2003.
- FERRARINI, F. O. C.; BEGO, A. M. Categorias analíticas para a caracterização de ideias prévias de professores sobre o planejamento de ensino: contribuições para a formação de professores de Química críticos e autônomos. **Química Nova na Escola**, v. 42, n. 1, p. 88-104, 2020.
- FOUREZ, G. **Alphabétisation Scientifique et Technique: essai sur les finalités de l’enseignement des sciences**. Bruxelas: DeBoeck-Wesmael, 1994.
- FRAGO, A. V. **Sistemas educativos, culturas escolares e reformas**. Odivelas: Edições Pedagogo, 2007.
- FREIRE, P. **Conscientização: teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. São Paulo: Cortez & Moraes, 1979.
- FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 7. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1983.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- GAUTHIER, C. et al. Ensinar: ofício estável, identidade profissional vacilante. In: GAUTHIER, C. et al. **Por uma teoria da pedagogia: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente**. Ijuí: Unijuí, 2013. p. 17-37.
- GENTNER, D.; STEVENS, A. L. (Eds.). **Mental models**. New York: Psychology Press, 1983.
- GILBERT, J. K.; SWIFT, D. J. Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. **Science Education**, v. 69, n. 5, p. 681-696, 1985.
- GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 155-163, 1996.

GIL PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**. Ijuí: Unijuí, 2008.

GOBERT, J. D.; CLEMENT, J. J. Effects of student-generated diagrams versus student-generated summaries on conceptual understanding of causal and dynamic knowledge in plate tectonics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 1, p. 39-53, 1999.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental models, conceptual models, and modeling. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 1, p. 1-11, 2000.

GUIMARÃES, Y. A. F.; GIORDAN, M. Elementos para validação de Sequências Didáticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Ribeirão Preto: Abrapec, 2013.

HADJI, C. **Avaliação desmistificada**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

HARLING, K. F. E; AKRIDGE, J. Using the case method of teaching. **Agribusiness**, v. 14, n. 1, p. 1-14, 1998.

HAYDT, R. C. C. **Curso de didática geral**. São Paulo: Ática, 2006.

HODSON, D. In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. **International Journal of Science Education**, v. 14, n. 5, p. 541-562, 1992.

IZQUIERDO-AYMERICH, M.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Epistemological foundations of school Science. **Science & Education**, v. 12, n. 1, p. 27-43, 2003.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

JOHNSON-LAIRD, P. N. Mental models and human reasoning. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 43, 2010.

KHAN, S. Model-based inquiries in chemistry. **Science Education**, v. 91, n. 6, p. 877-905, 2007.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 4, p. 199-205, 2011.

LIJNSE, P. “Developmental research” as a way to an empirically based “Didactical structure” of science. **Science Education**, v. 79, n. 2, p. 189-199, 1995.

LIJNSE, P.; KLAASSEN, K. Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 537-554, 2004.

LOPES, A. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de**

Física, v. 13, n. 3, 1996.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da aprendizagem na escola**: reelaborando conceitos e recriando a prática. Salvador: Malabares Comunicação e Eventos, 2003.

MARTINS, L. M.; RABATINI, V. G. A concepção de cultura em Vigotski: contribuições para a educação escolar. **Revista Psicologia Política**, v. 11, n. 22, p. 345-358, 2011.

MAZUR, E. **Peer Instruction**: a user's manual. Hoboken, NJ: Prentice Hall, 1996.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-Learning Sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v. 26, n. 5, p. 635-652, 2004.

MELLADO, V.; CARRACEDO, D. Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, v. 11, n. 3, 1993.

MIZUKAMI, M. G. N. **Ensino**: as abordagens do processo. 1. ed., 12 reimpressão, São Paulo: EPU, 2001.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007.

MORAIS, R. P.; BEGO, A. M.; GIORDAN, M. Investigação dos impactos do processo de elaboração, aplicação e reelaboração de seqüências didáticas na racionalidade prevalente acerca do planejamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 21, p. e25813, 2021.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. Unidades de enseñanza potencialmente significativa – UEPS. **Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. A teoria de mediação de Vygotsky. In: MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022. p. 87-98.

MOREIRA, R. H. **Proposta de uma seqüência didática com o uso de recursos diversificados para o ensino e aprendizagem de tópicos específicos de astronomia**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de ciências Exatas) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NEVES, S. R. S. **Qualidade do ar como tema gerador no ensino de química na Educação de Jovens e Adultos**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de ciências da Natureza) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

NICOLAU JUNIOR, J. L. **Estrutura didática baseada em Fluxo**: Relatividade

Restrita para o Ensino Médio. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 184-196, 1996.

PESSANHA, M. C. R. **Estrutura da Matéria na Educação Secundária**: obstáculos de aprendizagem e o uso de simulações computacionais. 2014. Tese (Doutorado em Ensino de ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PESSANHA, M. C. R.; PIETROCOLA, M. O ensino de estrutura da matéria e aceleradores de partículas: uma pesquisa baseada em design. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em ciências**, v. 16, p. 361-388, 2016.

PESSANHA, M. C. R. A prática baseada em design: um modelo de ação reflexiva na formação de professores de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 11., 2017, Santa Catarina. **Anais [...]**. Ribeirão Preto: Abrapec, 2017.

PESSANHA, M. C. R.; PIETROCOLA, M. Particle Accelerators and Didactic Obstacles: A Teaching and Learning Experience in São Paulo and Cataluña. In: PIETROCOLA, M.; GURGEL, I. (Orgs.). **Crossing the Border of the Traditional Science Curriculum**: Innovative Teaching and Learning in Basic Science Education. Rotterdam: Sense, 2017. p. 45-59.

PESSANHA, M. C. R. Obstáculos cognitivo-epistemológicos e modelos explicativos no estudo sobre a estrutura da matéria nas aulas de física. **Investigações em Ensino de ciências**, v. 23, n. 2, p. 383-405, 2018.

PIAGET, J. **A equilíbrio das estruturas cognitivas**: problema central do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIETROCOLA, M. Construção da realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de ciências**, v. 4, n. 3, p. 213-227, 1999.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. Estágio e docência: diferentes concepções. **Revista Poesis**, v. 3, n. 3-4, p. 5-24, 2006.

PINTO, J. **Psicologia da Aprendizagem**: Concepções, Teorias e Processos. Lisboa: Instituto do Emprego e Formação Profissional, 2003.

RHEINBERGER, H., Gaston Bachelard and the Notion of “Phenomenotechnique”. **Perspectives on Science**, v. 13, n. 3, p. 313-328, 2005.

RICARDO, E. C. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. **ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, 2007.

ROBERTI, D. L. P. Um olhar sobre a “vivência” através do seu autor: conceitos e

- traduções na obra de Vigotski. **Fractal**: Revista de Psicologia, v. 31, n. 1, p. 16-19, 2019.
- RODRIGUES-MOURA, S. **Da World Wide Web às partículas elementares**: sequência didática baseada no método DBR-TLS com vistas à alfabetização científica e técnica. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação em ciências e Matemáticas) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.
- RODRÍGUEZ, M. I. H. **Desenvolupament iteratiu d'una seqüència d'ensenyament i aprenentatge sobre Propietats Acústiques dels Materials**. 2012. Tese (Doutorado em Educação em ciências) – Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 2012.
- RUCK, B. F. N.; VOSGERAU, D. S. R. Perspectivas da aprendizagem ativa no ensino fundamental: uma revisão sistemática. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 14., 2019, Curitiba. **Anais** [...]. São Paulo: Educere, 2019.
- SANTOS, C. M. R.; FERRARI, M. A. **Aprendizagem ativa**: conceitos e experiências em comunicação. Bauru: Unesp, 2017. Disponível em <https://www.faac.unesp.br/Home/Utilidades/aprendizagem-ativa---versao-digital.pdf>. Acesso em: 16 out. 2020.
- SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula**: um desafio epistemologicamente fundamentado. Lisboa: Livros Horizonte, 1998.
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F.; Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio**: Pesquisa em Educação em ciências, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2002.
- SALES, N. L. L. **Problematicando o ensino de física moderna e contemporânea na formação continuada de professores**: análise das contribuições dos três momentos pedagógicos na construção da autonomia docente. 2014. Tese (Doutorado em Ensino de ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.
- SCHWARZ, C. V.; WHITE, B. Y. Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. **Cognition and Instruction**, v. 23, n. 2, p. 165-205, 2005.
- SILVEIRA, F. L. A filosofia de Karl Popper e suas implicações no ensino de ciência. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 6, n. 2, p. 148-162, 1989.
- SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. Espalhamento de Rutherford na sala de aula do Ensino Médio. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, p. 9-11, 2010.
- STEMBERG, R. J. **Psicologia cognitiva**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- STRAUSS, V. Howard Gardner: 'Multiple intelligences' are not 'learning styles'. **The**

Washington Post, Whashington, DC, 16 out. 2013. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/news/answer-sheet/wp/2013/10/16/howard-gardner-multiple-intelligences-are-not-learning-styles/>. Acesso em: 12 abr. 2022.

TARNOPOLSKY, O. **Constructivist blended learning approach to teaching english for specific purposes**. Berlin: De Gruyter Open, 2012.

VALK, T. V. D.; VAN DRIEL, J. H.; DE VOS, W. Common characteristics of models in present-day scientific practice. **Research in Science Education**, v. 37, n.4, p. 469-488, 2007.

VEIGA, I. P. A. **Projeto político-pedagógico: uma construção possível**. 7. ed. Campinas: Papirus, 1995.

VIANNA, D. M.; BERNARDO, J. R. R. (Orgs). **Temas para o ensino de física com a abordagem CTS**. Rio de Janeiro: Bookmakers, 2012.

VIENNOT, L. et al. Designing strategies and tools for teacher training: the role of critical details, examples in optics. **Science Education**, v. 89, n. 1, p. 13-27, 2005.

VIGOTSKI, L. S. The genesis of higher mental functions. In: WERTCH, J. V. (Ed.). **The concept of activity in soviet psychology**. New York: M. E. Sharpe, 1981. p. 144-188.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamiento y lenguaje: teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas**. Madrid: Visor, 1993. (Obras escogidas, Tomo II).

VIGOTSKI, L. S. Manuscrito de 1929. **Educação & Sociedade**, v. 21, n. 71, p. 21-44, 2000.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIGOTSKI, L. S. A defectologia e o estudo do desenvolvimento e da educação da criança anormal. **Educação e Pesquisa**, v. 37, n. 4, p. 863-869, 2011.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

Sobre o autor

Márlon Pessanha é graduado em Licenciatura em Física e Mestre em ciências Naturais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Uenf) e Doutor em Ensino de ciências pela Universidade de São Paulo (USP). É docente na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde coordena o Laboratório de Práticas e Atividades Didática (Lapadi) e o Grupo de Estudos e Pesquisa em Inovação no Ensino de ciências (Gepiec). Atua no Polo UFSCar/Sorocaba no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no Polo Unesp/Araraquara no Mestrado Profissional em Química em Rede (Profqui) e, ainda, Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFSCar/Araras.

Suas atividades de pesquisa e extensão ocorrem, principalmente, nas áreas de educação, formação de professores, divulgação científica e Educação em ciências (Astronomia, Física e Química). Entre seus temas de interesse, estão a inovação curricular e a inovação didática; as culturas didática, escolar e científica; as interlocuções entre educação formal e divulgação científica; e o planejamento didático.

Este livro apresenta um modelo de planejamento didático, a prática baseada no design, que está centrado na elaboração de sequências didáticas e fundamentado em diferentes contribuições da literatura acadêmica em educação e em educação em ciências. Em seus primeiros capítulos, o autor busca situar as discussões sobre planejamento didático na área de pesquisa em educação em ciências, de modo a melhor enquadrar a proposta do modelo. Posteriormente, são apresentados e aprofundados os conceitos basilares do modelo, tais como losango didático, princípios de design e estrutura didática, além de trazer uma breve e importante discussão sobre a avaliação da aprendizagem e a validação de aspectos de pesquisa. Consiste, portanto, em uma obra que tende a contribuir para uma reflexão sobre o planejamento do ensino e para fundamentar teórico e metodologicamente a investigação sobre o ensino de ciências baseada no design.