HAL open science

PROPOSTAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS POR INVESTIGAÇÃO A PARTIR DE OBSERVAÇÕES EM UM LICEU FRANCÊS

Helaíne Haddad Simoes Machado, René Lozi, Nicole Biagioli

To cite this version:

Helaíne Haddad Simoes Machado, René Lozi, Nicole Biagioli. PROPOSTAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS POR INVESTIGAÇÃO A PARTIR DE OBSERVAÇÕES EM UM LICEU FRANCÊS. Políticas Públicas na Educação Brasilei: Ensino Aprendizagem e Metodologias, P 769, Atena Editora: Ponta grossa (PR), Brazil, pp.132-148, 2018. hal-02105671

HAL Id: hal-02105671

https://hal.science/hal-02105671v1

Submitted on 21 Apr 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Published in: Políticas Públicas na Educação Brasilei: Ensino Aprendizagem e Metodologias
Publié dans : P 769. Ponta grossa (PR): Atena Editora, 2018, pp. 132-148
Publicado em:

http://www.atenaeditora.com.br/wp-content/uploads/2018/04/E-book-PP-Ensino-Aprendizagem-e-Metodologias.pdf

Personal File

CAPÍTULO XIII

PROPOSTAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS POR INVESTIGAÇÃO A PARTIR DE OBSERVAÇÕES EM UM LICEU FRANCÊS

Helaíne Haddad Simões Machado
René Lozi
Nicole Biagioli

PROPOSTAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS POR INVESTIGAÇÃO A PARTIR DE OBSERVAÇÕES EM UM LICEU FRANCÊS

Helaíne Haddad Simões Machado
Université de Montpellier, Doutoranda, Laboratório LIRDEF, Montpellier - França
René Lozi
Université de Nice Sophia Antipolis, Professor universitário, Laboratório J. A. Dieudonné, UMR CNRS 7351, Nice - França
Nicole Biagioli
Université de Nice Sophia Antipolis, Professora universitária, Laboratório C.T.E.L. E.A. 6307, Nice - França

RESUMO: Este estudo centrou-se em observações de aulas de Ciências da Vida e da Terra ministradas em uma escola pública francesa de ensino médio e objetiva discutir as condições necessárias para que o ensino de ciências naturais baseado em investigação possa ajudar efetivamente os alunos a se apropriarem dos saberes científicos. Esta abordagem, para não ser restritiva do ponto de vista didático, deve estar apoiada na prática de um procedimento experimental do tipo hipotético-dedutivo, sobretudo na mediação do uso de modelos e modelizações, na escolha dos conteúdos e na organização do tempo de aula. Três questões dirigidas aos alunos estavam sempre presentes nas situações didáticas: O que vocês observam? O que vocês já sabem? O que podemos deduzir? Os planos de aulas eram desenvolvidos seguindo dez etapas indispensáveis, entre elas: a situação-problema desencadeadora da investigação, o debate científico na classe visando conceber uma estratégia de resolução, o trabalho prático e autônomo dos alunos utilizando ou construindo modelos, a apresentação e argumentação dos resultados por parte dos alunos, a correção e validação desses resultados sob a pilotagem do professor e um esquema recapitulativo final. Para que aulas com esta abordagem tenham seus objetivos atingidos no contexto da educação brasileira são indispensáveis o preparo dos professores em aplicá-las e a reorganização do ambiente escolar. O bom nível de qualidade das interações professor - aluno – saber, depende, portanto, do investimento efetivo na formação de professores na modalidade didática do uso de modelos e modelizações, indispensável para o sucesso do ensino de ciências naturais.
PALAVRAS-CHAVE: Educação científica, didática de modelização, método hipotético-dedutivo, ensino médio, formação de professores.

1. INTRODUÇÃO

Nota-se hoje, em vários países do mundo, a falta de recursos humanos no campo dos ofícios científicos essenciais e vários documentos internacionais recomendam a modernização do ensino de ciências no âmbito formal. O desafio parece ser de aumentar a motivação dos alunos, seu interesse pelas ciências e, consequentemente, seu bom rendimento escolar.

Exames internacionais, como o PISA (Programa Internacional de Avaliação

de Estudantes), não objetivam validar somente os conhecimentos do conteúdo do currículo, mas avaliar em que medida um jovem de 15 anos consegue aplicar seus conhecimentos científicos na solução de problemas da vida cotidiana. O que quer dizer que estes saberes estão centrados em uma alfabetização científica ou *scientific literacy* (EACEA, 2011, p.13).

Na França, segundo Boilevin (2014), a discussão sobre educação científica retorna à cena no fim do século XX (anos 1990) com a introdução, na escola primária, do método « *La main à la pâte* » e do Plano de Renovação do Ensino de Ciências e Tecnologias na Escola (PRESTE), publicado pelo Ministério da Educação deste país em junho de 2000 (MEN, 2000).

Não se pode esquecer também as contribuições da chamada "Nova Educação", sobretudo as do pedagogo Célestin Freinet, que trouxe a noção de tentativa e erro, o "*tâtonnement expérimental"* à serviço da construção dos saberes, para este país e depois para o mundo. A introdução da abordagem investigativa de ensino nos programas oficiais do ensino médio francês (liceu) é, no entanto, recente, tendo recebido o apoio da Academia de Ciências em 2004 e 2005 e tendo sido aplicada efetivamente desde 2006.

Clerc (1995) em seu capítulo "*O que é aprender* ? " resume que aprender *não é*:

(1) registrar passivamente as informações,

(2) visar somente a memorização e

(3) utilizar respostas prontas.

Mas que aprender *é*:

(1) saber agir em seu meio,

(2) resolver problemas e

(3) adaptar sua ação às condições impostas pelo meio.

Isto nos leva a pensar que a concepção clássica ou tradicional de aula expositiva requer transformações já há algum tempo e que esta modernização do ensino pode ser dirigida para a diversificação de estratégias didáticas, onde o aluno possa tomar decisões de forma mais autônoma e aprender agindo, experimentando ou construindo modelos. O aluno é, desse modo, colocado no centro das situações didáticas e torna-se ator da construção de seu próprio saber.

Documentos oficiais do Ministério da Educação francês (trechos citados em Orange-Ravachol, 2017) orienta como as ciências podem ser interpretadas pedagogicamente:

> « O exercício de modelização do real é sem dúvida o procedimento mais importante e também o mais difícil da abordagem científica » « o desenvolvimento das ciências se faz por um vai-e-vem entre observação e experiência de um lado, a conceptualização e a modelização de outro. » (MEN,1999, p.5)
>
> « cada aluno deve encontrar, nas melhores condições, a ocasião de ir à campo, de dissecar, de preparar e realizar observações microscópicas, de experimentar com ajuda de um computador, de modelizar, de praticar uma pesquisa documental on line, etc. » (Programa curricular de SVT, MEN, 2011, p.2)

De acordo com Orange (2007), os saberes científicos são saberes que apresentam uma certa apoditicidade (natureza evidente e incontestável), ou seja, saber em ciências não é somente “saber que”, mas saber que isso não pode ser interpretado de outra maneira. No quadro teórico de sua reflexão sobre o meio didático interior na aprendizagem de ciências, ele expõe que os fenômenos só existem pelos problemas que eles propõem para serem explicados. Durante o debate científico na classe, os alunos devem ser conduzidos dos saberes não críticos (opiniões ou senso comum) a um conhecimento científico racional e organizado. Ademais, devem ser levados a entender que a atividade científica não visa eliminar problemas ao resolvê-los, como em qualquer comportamento adaptativo comum, mas sim construir novos, em uma fertilidade constante, dando origem a outros problemas ainda inéditos.

Contudo, o ensino de ciências na educação básica não deve e nem pode ter os mesmos objetivos epistemológicos de uma atividade científica. A escola pode e deve, entretanto, diminuir essas fronteiras, aproximando a cultura científica da cultura escolar, a partir da compreensão da importância do trabalho dos cientistas.

Na mesma linha de raciocínio, Boilevin (2014) alerta que para evitar aparições de lacunas futuras na aprendizagem de ciências, o professor que adota a concepção de ensino baseado na aproximação do método científico (procedimento experimental do tipo hipotético-dedutivo), na investigação e modelização, deve levar sempre em conta uma tendência à apreciação exacerbada de sua perspectiva empírica, metodológica ou técnica, bem como saber evitar o relativismo. Mesmo se a expressão e a participação ativa dos alunos sejam bem-vindas, o professor deve estar bem preparado para não deixar as experiências ocuparem uma posição simplesmente lúdica ou protocolar. A escolha de se apoiar unicamente sobre uma situação-problema desencadeadora lhe parece insuficiente do ponto de vista epistemológico e didático.

Deste modo, todas as ferramentas didáticas necessárias para a prática desta estratégia de ensino devem ser dominadas pelo professor, o que demanda uma atenção específica em sua formação profissional.

Do lado positivo, Boilevin (2014) menciona uma pesquisa que revela os bons efeitos induzidos por esta metodologia sobre o comportamento social e moral dos alunos, sobre a melhora do espírito lógico e da expressão e sobre a aquisição dos saberes científicos.

Em suma, o interesse pelo ensino de ciências naturais por investigação também vem ganhando força no debate acadêmico e nas salas de aula brasileiras pelas mesmas razões: motiva os alunos, estimula a autonomia e a atitude científica desde os primeiros anos do ensino fundamental, além de favorecer uma ampliação da leitura, significação e compreensão do mundo, como nos mostram Brito & Fireman (2016).

Este trabalho propõe, portanto, uma reflexão, baseada em observações de classes, das condições necessárias para que o ensino de ciências seja capaz de mobilizar efetivamente a apropriação de todos esses saberes.

2. IMPORTÂNCIA DE MODELOS E MODELIZAÇÕES NA ESTRATÉGIA DE INVESTIGAÇÃO ORIENTADA

Modelos são interpretações do real que facilitam a apropriação e a construção de saberes científicos. A modelização, construção de um modelo, é um procedimento importante em didática, pois amplia o espaço de participação e de reflexão com tomada de decisão dos alunos, estimulando a atitude investigativa.

Como nos explica Orange (2007), os saberes em ciências naturais estão ligados à problemas explicativos, ou seja, à busca de explicação e de caracterização de fenômenos. Isso pode se traduzir pelo fato de que eles articulam pelo menos dois registros: o registro empírico, o dos fatos e fenômenos a explicar, e o registro dos modelos, onde as explicações são desenvolvidas.

Nos últimos anos, segundo Duso *et al*. (2013), a modelização vem sendo apontada como uma alternativa educacional vantajosa para o ensino de ciências naturais. No entanto, no ensino de biologia, por exemplo, a modelização ainda não alcançou o mesmo espaço que possui na matemática e na física, talvez devido à natureza conceitual dessas diferentes áreas do conhecimento. Os modelos e as teorias físicas e matemáticas estão fortemente relacionados com regularidades fenomenológicas, que resultam em descrições matemáticas, menos presentes na biologia.

Na França, segundo Orange-Ravachol (2017), modelos e modelizações são considerados no ensino de ciências naturais, de nível fundamental e médio, com o objetivo de fazer os alunos gostarem da disciplina e de garantir a instauração de progressividade e coerência ao conjunto das aprendizagens. A autora reconhece sua importância no cerne da atividade científica mas ressalta sua especificidade no campo disciplinar (educativo) onde os problemas apresentam uma dupla natureza ou dimensão – a da explicação de seu funcionamento e a da reconstituição de sua história.

Situações didáticas da abordagem investigativa são analisadas em diversos artigos (Lhoste *et al*., 2007; Orange, 2007 e Orange-Ravachol, 2017), onde são evidenciadas as funções heurísticas dos modelos, bem como seus limites e a importância da autonomia no processo de aprendizagem por esta via, no sentido de se tratar de um espaço de plena interação dos estudantes com seus meios – exterior e interior – este último composto em parte pelo conjunto de seus conhecimentos pré-adquiridos. Porém, mesmo se situações sem intervenções são desejadas nesta metodologia, é preciso sempre destacar que o papel do professor é essencial no sentido de conduzir seus alunos a uma aprendizagem coerente, sólida e duradoura.

Modelos e modelizações são, portanto, possibilidades promissoras como estratégias educativas de ciências neste contexto, mas só serão efetivas se associadas aos recursos teóricos necessários para a aprendizagem completa e adequada ao grau de aprofundamento exigido em cada nível de ensino.

3. CONTEXTO DAS OBSERVAÇÕES

Este trabalho consiste em uma reflexão resultante de um estágio de mestrado profissional de 114h, realizado como uma das exigências de formação na área de didática de disciplinas, da Université de Nice Sophia Antipolis.

O estágio de observações se deu em fevereiro e março de 2017 no estabelecimento de ensino médio público francês *Lycée Honoré d'Estienne d'Orves*, situado na cidade de Nice, região mediterrânea do sul da França. Tal liceu acolhe mais de dois mil estudantes a cada ano, preparando-os, em tempo integral, para o exame de admissão do ensino superior.

Foram observadas e registradas em um diário de bordo 40 aulas de Ciências da Vida e da Terra (*Sciences de la Vie et de la Terre* – SVT), matéria cujos conteúdos correspondem aos da biologia e da geologia, ensinadas em disciplinas distintas no Brasil.

No sistema de ensino francês, os estudantes podem optar por uma especialidade – Científica, Econômico-Social ou Literária – na segunda série do ensino médio. Isto faz variar a carga-horária da disciplina em questão (SVT) em função da carreira escolhida e da série do aluno. Por exemplo, um aluno do segundo ano do ensino médio de carreira literária recebe 1h30/semana de aulas de SVT, enquanto um aluno do terceiro ano de carreira científica pode ter até 5h30 de aulas de SVT por semana. Durante este estágio, turmas de todas as três séries e das três carreiras foram observadas, sendo também três o número de professores regentes acompanhados.

Os cursos puramente expositivos (abordagem tradicional) eram ministrados para turmas inteiras, onde havia de 28 a 36 alunos, e estes representaram apenas 15% das aulas (6/40) (Fig. 1), tendo 50 min. de duração. Já a maior parte das aulas (85%), com abordagem de investigação, de ordem construtivista, eram ministradas para meia-classe a cada vez (14 a 18 alunos) e o tempo de aula variava entre 50 min. e 1h50.

Em todas as aulas com dinâmica de práticas experimentais, a didática de modelização teve lugar de destaque. Os professores ora reproduziam modelos já prontos ora trabalhavam na construção destes para facilitar a aquisição dos conteúdos científicos complexos, simplificando-os, e/ou para introduzir esquemas explicativos, "contar a história" do fenômeno e estabelecer relações teórico-conceituais.

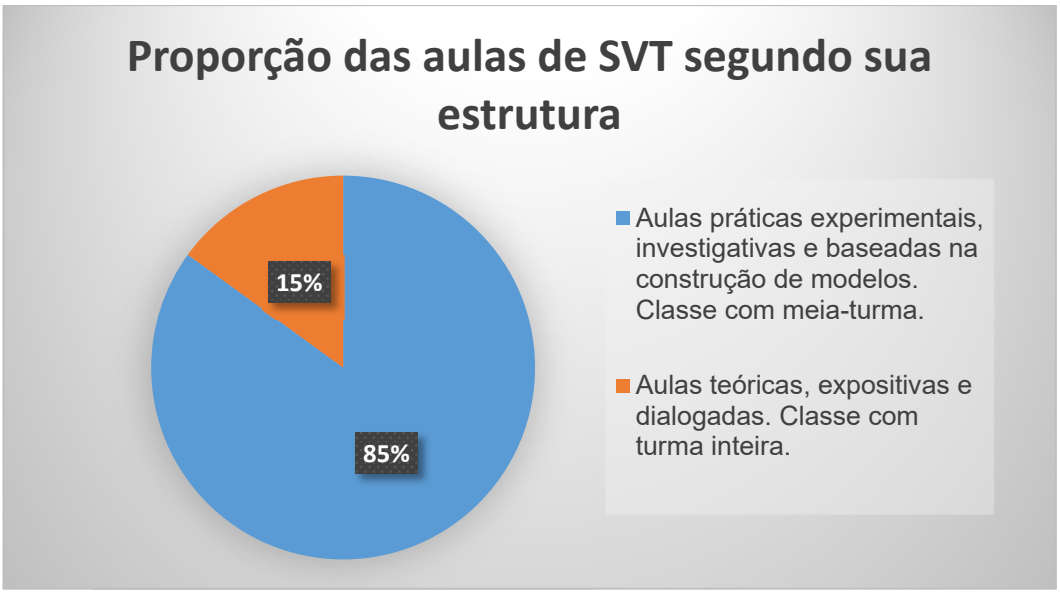

Figura 1. Porcentagens de aulas de SVT observadas, separadas em dois tipos. A proporção é marcadamente maior de aulas práticas em relação às aulas puramente teórico-expositivas.

Como no Brasil, os alunos franceses recebem o livro didático no início do ano letivo e devem entregá-los à escola no final do ano. No entanto, os professores preferiam utilizar fichas personalizadas com o plano de aula, os enunciados das tarefas e algum conteúdo teórico, preparadas por cada um e para cada aula, de modo a adaptar o curso ao material disponível para as práticas.

Como as observações foram focalizadas em uma análise qualitativa da metodologia de ensino aplicada, não foram analisadas as avaliações ou exames, o grau de apropriação do conhecimento pelos alunos ou a eficácia das aulas práticas sobre as aulas teóricas. A propósito das avaliações, vale mencionar que não somente os conceitos teóricos, mas as competências técnicas e experimentais, bem como apresentações de trabalhos de pesquisa em equipe também eram avaliados. No entanto, mesmo se não analisamos estas avaliações, as observações do comportamento dos estudantes durante as aulas, as dúvidas levantadas no debate argumentativo, o ritmo e a progressão conduzidos pelos professores nos forneceram uma válida ideia da atratividade da abordagem e do interesse dos alunos, além das dificuldades e limites da estratégia e dos ajustes necessários.

Quanto ao comportamento dos alunos na sala de aula, é importante ressaltar que havia disciplina e respeito, sobretudo em relação à tomada da palavra, visto que estávamos em um cenário de ensino mais construtivista que expositivo. Havia o respeito pela pilotagem do professor, mesmo se toda manifestação (argumentação pertinente) era bem-vinda. Esta postura de respeito era expressa claramente também na pontualidade dos alunos para as aulas e entrada na sala após o professor. Qualquer atraso era justificado por escrito e foi observado raramente. A assiduidade e pontualidade eram registradas em um programa digital do liceu e disponibilizadas *on line* para conhecimento dos pais. De um modo geral, os estudantes tinham consciência da importância do tempo de aula bem aproveitado e das perdas causadas por suas ausências e interrupções, sendo estas vistas apenas pontualmente. Com certeza, não é de um dia para outro

que esta atitude responsável se constrói. Prova disto é que a autonomia dos alunos do último ano era nitidamente maior que a dos alunos do primeiro ano.

Considerando que a participação ativa e a motivação dos alunos eram otimizadas pelo caráter problematizador, investigativo e contextualizado por modelos, parece-nos, então, interessante ilustrar como isto se passava nas classes.

Para esta descrição mais detalhada, escolhemos três aulas. Estas escolhas se justificam pelos diferentes resultados obtidos a partir de diferentes tipos de situação didática. As séries e os temas foram os seguintes:

Aula 1 (2ª série): "Sistema reprodutivo masculino";

Aula 2 (3ª série): "Formação de uma cadeia de montanhas" e

Aula 3 (3ª série): "Reação inflamatória, manifestação da imunidade inata".

4. EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DE MODELOS EM AULAS DE CIÊNCIAS NATURAIS E A FLEXIBILIDADE DIDÁTICA DOCENTE

4.1..Aula 1. Situação-problema: « Como a produção de espermatozoides e a secreção de testosterona é controlada ? »

Esta aula teve como proposta aos alunos a construção de uma representação gráfica como modelo de um sistema complexo, uma lâmina histológica, para explorar e compreender o funcionamento de um conjunto de células.

Para resolver a situação-problema os alunos dispunham de uma preparação de tecido testicular de rato e a solução consistia na visualização microscópica e interpretação da forma, da organização e da função de cada célula. A atividade servia a desenvolver a manipulação precisa de um equipamento (microscópio), a leitura imagética, a abstração, a concepção de um modelo que pudesse representar de forma mais simples o objeto estudado – o tecido celular (Fig. 2 à esquerda) e a relação correta da imagem com o quadro teórico.

No primeiro momento desta aula de 1h50, os alunos exploraram livremente as imagens microscópicas, escolheram e reproduziram os campos mais interessantes através de desenhos e fotografias, construindo sua própria versão representativa do que era visto, para depois identificar e nomear as células (espermatogônias, células de Sertoli, células de Leydig), estas descritas em um texto teórico distribuído previamente.

Foi interessante notar que as noções conceituais foram co-construídas entre alunos e professor, a partir de um momento fundamental de trabalho autônomo (situação a-didática ou do movimento próprio, proposta por Guy Brousseau e citada em Orange, 2007), onde a intervenção era solicitada.

Após o tempo dado para o trabalho autônomo, em um segundo momento, a professora forneceu (projetou) o seu próprio modelo para interpretação (Fig. 2 à

direita), o que, de fato, propiciou o acesso cognitivo necessário para a compreensão do funcionamento fisiológico e sistêmico do órgão.

Daí a importância do plano bem definido do tempo de aula, pois este momento, após a prática, também é imprescindível dentro da sequência didática, é onde ocorre o retorno, a correção e a avaliação da integração do conhecimento.

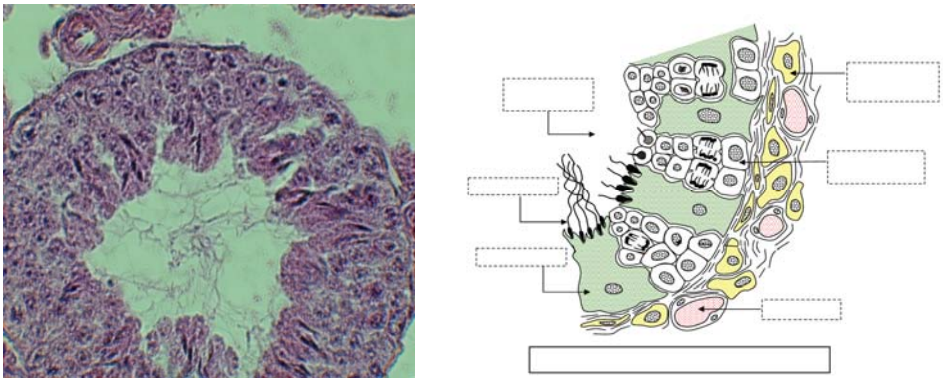

Figura 2. Imagem de tubo seminífero em corte transversal observada em microscópio óptico (x400), capturada e posteriomente legendada por um aluno (esq.) e seu modelo representacional, utilizado como instrumento de transposição didática, atividade e correção (dir.)

A sequência dinâmica de cada aula seguia uma ordem específica, adaptada a cada tema, sequência esta que será discutida mais adiante. Um trecho da fala da professora em um momento mais avançado desta aula (momento recapitulativo) ilustra claramente as etapas do pensamento científico, desejado como objeto de aprendizagem, «*observa-se/sabe-se/deduz-se*»:

> « Observamos que a coloração escura que indica a presença de uma enzima responsável pela síntese de testosterona se encontra no meio intersticial. Sabemos que neste meio existem células de Leydig. Então, podemos deduzir que estas células fabricam a testosterona. »

A aula se desenvolveu em um bom ritmo e todos os alunos conseguiram finalizar a tarefa. Os modelos são comumente utilizados no ensino de biologia dos organismos, desde o nível celular ou mesmo molecular (como para o DNA) até o estudo de organismos completos e várias são as possibilidades de técnicas de modelização. Duso *et al*. (2013) discutem, por exemplo, a atividade de modelização da anatomia do corpo humano, no contexto macroscópico e de modo a não fragmentar o estudo, propiciando com êxito uma relação mais verídica entre o teórico e o real.

4.2. Aula 2. Situação-problema: « Podemos verificar que as deformações observadas no terreno são consequentes da convergência de placas tectônicas ? »

A Aula 2 utilizou um modelo físico e analógico (representação simplificada de um fenômeno geológico) que permitia variar de maneira simples os parâmetros da experiência e explicar seu funcionamento.

A problemática era a de verificar se as deformações do terreno na formação de montanhas recentes como os Alpes são consequentes dos movimentos tectônicos de convergência que induzem, em seguida, uma compressão.

Para a atividade, os alunos dispunham do material para reproduzir um modelo consensual proposto pelo professor e capaz de simular a compressão (Fig. 3).

Em seguida, a intervenção didática consistiu na explicação do fenômeno a partir de conceitos e teorias já conhecidas, afim de permitir a compreensão da atividade tectônica, que é evidentemente invisível aos humanos por ocorrer em períodos milhares de vezes maior que o tempo de vida humana.

Um aspecto marcante nesta aula foi a prática da tentativa e erro pelos alunos (o *"tâtonnement expérimental",* em francês), tentando prever os resultados que seriam validados ou refutados antes de fazer suas escolhas. Molhar ou não molhar a massa? Pressionar mais ou menos para moldá-la antes de mover o dispositivo compressor? Como usar as duas diferentes cores de massa? Alterná-las para visualizar melhor as camadas?

A atividade estimulava o planejamento e o espírito crítico e investigativo. Além disso, a comparação correta do modelo com o fenômeno real incitava a reflexão sobre o fato de que uma teoria científica com a dimensão da Teoria da Tectônica das Placas exige um somatório imenso de trabalho de pesquisa para ser construída, e pode mesmo ser ampliada, ajustada ou corrigida.

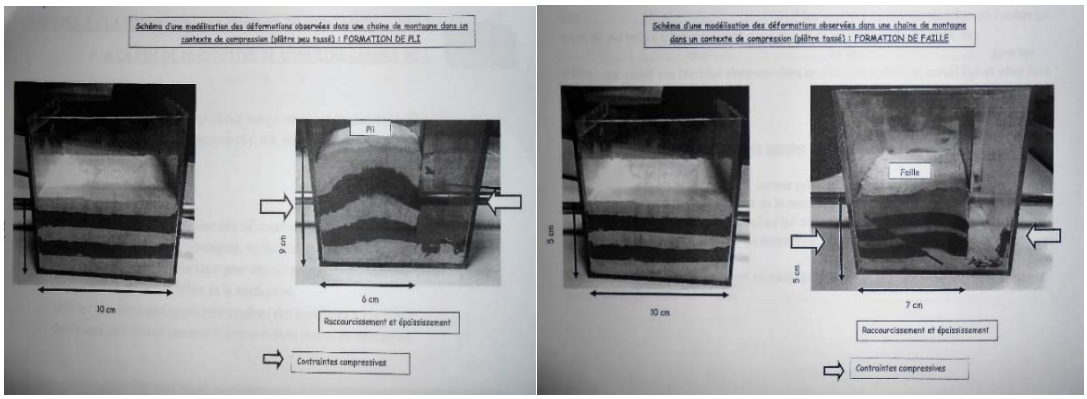

Figura 3. Modelo tridimensional das deformações tectônicas – Pli e Falha Inversa – antes e após convergência.

Podemos supor também que a prática sensorial da manipulação pode favorecer a integração do conhecimento de maneira mais rápida e, talvez, possa ser esta mais uma das razões que promova o crescimento desta prática em nossa época, uma época de maior velocidade e urgência de eficácia exigidas pela era digital ou da Informação. A atenção, no entanto, deve estar no risco da superficialidade dos resultados rápidos, o que vale também para a qualidade do conhecimento produzido como resultado neste processo.

Orange-Ravachol (2017), especialista em didática de ciências e trabalhando em analisar este mesmo modelo, constatou que o nível de sofisticação de um modelo influencia a qualidade do conhecimento que será adquirido e critica a

simplificação excessiva da modelagem praticada nas salas de aula, quando esta se limita a uma função unicamente de ilustração ou validação. De qualquer maneira, a garantia de uma aprendizagem eficaz depende do estabelecimento da relação clara entre o modelo e a teoria que explica o fenômeno real.

4.3. Aula 3. Situação-problema: « Quais são as características e as consequencias de uma reação inflamatória aguda ? »

Para responder à parte da questão-problema desta aula, os alunos deviam compreender um outro fenômeno biológico microscópico, a fagocitose.

A proposta consistiu em uma tentativa de modelização para realizar uma experiência de observação. O objetivo geral era conhecer as características e compreender os efeitos de uma reação inflamatória aguda. Antes da prática, foram trabalhados conceitos como vasodilatação e caracterizados diferentes tipos de células imunitárias.

O desafio prático era executar a extração do líquido celomático de um anelídeo (minhoca) por capilaridade, através de uma manipulação precisa utilizando pipeta fina. Em seguida, realizar a preparação de lâmina para microscópio com a adição de células vivas de levedura, que ao entrarem em contato com os macrófagos do anelídeo seriam por estas células fagocitadas.

Os alunos trabalhavam em pares, cada par com seu material, executando o mesmo protocolo. Esta aula certamente ajudou o desenvolvimento de habilidades técnicas e manipulação de material laboratorial, mas o mecanismo da fagocitose não foi observado por todos os alunos.

Provavelmente as condições do modelo-lâmina (tempo de extração, temperatura, tipo de células) não estavam adequadas ou muito distantes do que ocorre no processo natural (endógeno).

Dado o grau de dificuldade da experiência, a professora recorreu, então, à projeção de uma animação disponível na internet, contendo o resultado digitalizado e bem-sucedido da experiência, que legitimava a escolha do modelo.

Tomamos esta aula, portanto, como exemplo de uma experiência cujo grau de dificuldade exigiu a intervenção do professor e mostrou o limite da estratégia por si só. Como não podemos ver o processo dentro do organismo, ficou claro para os alunos a necessidade do modelo para reproduzir e estudar mais a fundo um fenômeno.

Mesmo que nesta situação o modelo tenha apenas uma função didática, a aproximação com o trabalho do cientista estava em fornecer acesso ao processo (com suas dificuldades e limites) de construção dos saberes através da díade experimentação-modelização.

De acordo com Orange (2007), o professor pode transformar conteúdo em problematização, da mesma forma que pode aproveitar um problema para construir conhecimento.

Para atingir o objetivo de visualizar o mecanismo de defesa (fagocitose) em

ação e então explicá-lo, foi de fundamental importância a flexibilidade didática da professora.

5. DINÂMICA E CONDIÇÕES DE VIABILIZAÇÃO DA PRÁTICA

Para compreender as condições de uma aula de ciências dentro da abordagem aplicada na escola francesa visitada, é preciso partir do entendimento de sua dinâmica na sala de aula.

As observações nos permitiram resumir a sequência de uma aula de SVT baseada em investigação em dez etapas indispensáveis:

1. Os *saberes prévios* dos alunos (conteúdos precedentes) são mobilizados.
2. A *temática* é anunciada pelo professor.
3. Uma *situação-problema* é apresentada e (se necessário) discutida.
4. O *material suporte* (textos teóricos, instrumentos laboratoriais ou tecnológicos) é explorado.
5. Os alunos têm um espaço de tempo para refletir e argumentar – *debate científico* - até conceberem uma estratégia de resolução utilizando ou co-construindo *modelos*.
6. É formulada a *hipótese*, onde os resultados esperados são explicitados, e o protocolo definido.
7. O *trabalho autônomo* é colocado em prática (situação a-didática) sob a observação, orientação e pouca (se necessária) intervenção do professor.
8. É feita a *apresentação e discussão dos resultados* pelos alunos.
9. Sob a *pilotagem do professor*, os resultados são *interpretados, validados* e/ou *corrigidos*.
10. Um *esquema recapitulativo* conclui a aula e o professor anuncia a temática da aula seguinte, deixando claras continuidade e coerência.

Durante essas etapas, três questões (Fig. 4) estavam sempre presentes nas situações didáticas:

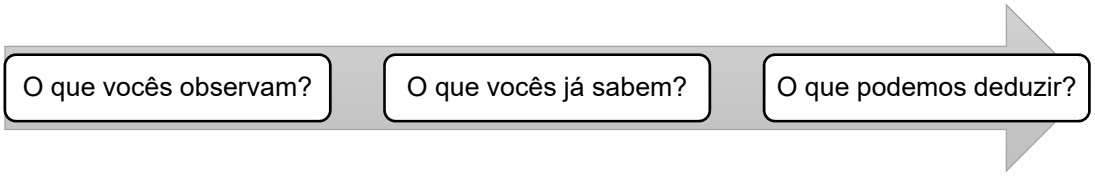

Figura 4. Fio condutor do raciocínio dedutivo, onde a conclusão é organizada a partir das proposições de uma situação particular (problemática) em relação com as premissas reconhecidas como verdadeiras.

A organização do tempo didático de cada uma das etapas depende certamente da complexidade da problemática proposta e do ritmo da classe, mas deve ser previamente planejada pelo professor.

Uma prática desejável para essa estimação é a realização anterior da

experiência-modelização pela equipe de professores da disciplina.

Em todas as práticas experimentais observadas, o processo de ensino-aprendizagem baseou-se na utilização de modelos (a partir da etapa 4), fosse este um modelo representacional, um modelo teórico ou um modelo imaginário, descritivo ou explicativo (Duso *et al*., 2013). Dada a sua importância didática podemos sugerir o esquema do triângulo didático (modelo de Houssaye: professor-aluno–saber) introduzindo modelo e modelização como elementos essenciais das atividades capazes de conduzir ao saber científico (Fig. 5).

A diversidade das atividades nos pareceu ser capaz de ampliar o universo cognitivo e de representações dos alunos, uma vez que eles não estavam fixados a uma única modalidade apresentada por um livro didático ou passivos diante de um curso puramente teórico.

O desenvolvimento das 10 etapas, associado às três questões citadas acima, nos mostra, portanto, uma dinâmica bem diferente da abordagem tradicional (exposição teórica, explicação/generalização, exemplos/exercícios, dúvidas/correções).

As estratégias didáticas observadas permitiam que o aluno fosse confrontado com as condições da experiência, com a tomada de decisão, com as evidências, até alcançarem os conhecimentos científicos já aceitos do conteúdo abordado, além de que fosse estimulado no exercício dos argumentos dedutivos, das interpretações e da síntese (discurso científico).

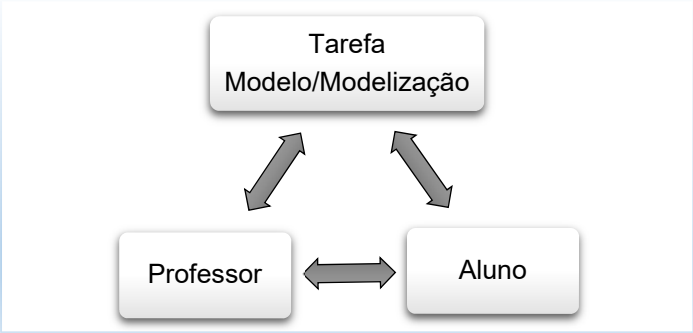

Figura 5. Triângulo didático proposto para o ensino de ciências naturais, onde o vértice da tarefa comporta atividades didáticas baseadas na utilização de modelos e de modelizações.

A Fig. 6 traz os pontos fortes desta metodologia de ensino, acompanhados das prováveis dificuldades para sua viabilização no contexto brasileiro. Mesmo quando as condições materiais não forem as ideais para o pleno funcionamento das manipulações, uma planificação adequada e o trabalho colaborativo dos professores, tendo sempre em mente a importância do pensar e do agir científico, podem representar possibilidades de produzir melhores resultados que os do ensino tradicional como modalidade única.

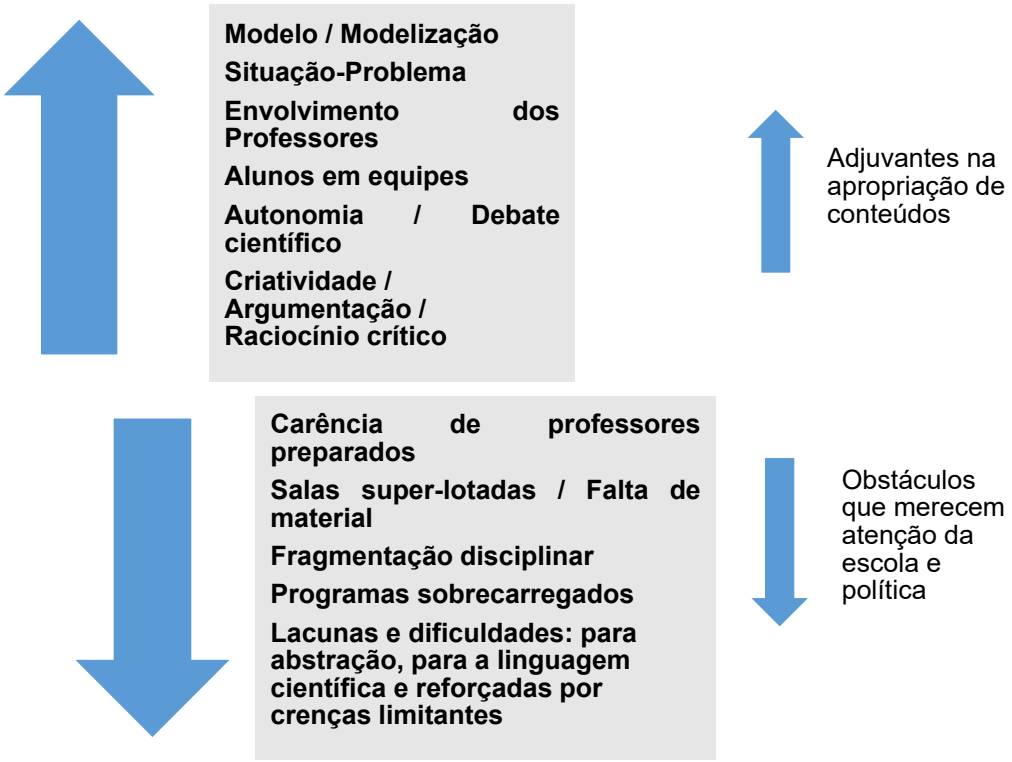

Figura 6. Esquema diagnóstico apresentando os pontos fortes e as dificuldades potenciais do ensino de ciências naturais por investigação.

No Brasil, a realidade de trabalhar com meia-classe na escola pública ainda é distante, exceto para algumas escolas mais seletivas. No setor privado, no entanto, a realidade parece ser mais favorável, o que infelizmente contribui para a perpetuação das desigualdades educacionais e socioeconômicas do país.

Na França, o volume de conteúdo disciplinar – incluindo conhecimento, competências e atitudes - trabalhado nas três séries do ensino médio, é realmente grande, como no Brasil, por exigência da concorrência para o Enem (Exame Nacional do Ensino Médio) e para os exames de ingresso às universidades.

Mesmo se os programas oficiais franceses preveem o ensino de ciências com práticas, a carga de conceitos e teorias a aprender demandava a otimização do tempo didático e um bom plano de aula. No Brasil, a realidade não é diferente, o que reforça a necessidade de investimento na formação inicial, continuada e na carreira profissional dos professores.

Uma iniciativa brasileira que muito contribui nesta direção, aproximando as instituições de ensino superior das escolas públicas estaduais e municipais, é o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência – PIBID. Um dos objetivos do programa é:

> “ Inserir os licenciandos no cotidiano de escolas da rede pública de educação, proporcionando-lhes oportunidades de criação e participação em experiências metodológicas, tecnológicas e práticas docentes de caráter inovador e interdisciplinar que busquem a superação de problemas identificados no processo de ensino-aprendizagem. ” (MEC, 2008)

Trata-se de um programa efetivo de aperfeiçoamento e valorização da formação de professores a partir de projetos selecionados e supervisionados, articulando teoria e prática.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No ensino de ciências, os modelos são importantes porque selecionam os parâmetros mais relevantes do fenômeno a ser estudado e são recursos promissores para facilitar o acesso cognitivo à abstração. Da mesma forma, construir modelos é uma ação didática importante quando alcança o objetivo de aproximar os alunos da prática laboratorial e do método hipotético-dedutivo.

Estas atividades, porém, só têm valor de ultrapassar a simples perspectiva empírica do ensino por investigação e permitir aos alunos de avançarem, se estiverem bem inseridas no contexto do triângulo didático professor – aluno - modelo/modelização (especificação do modelo de Houssaye: professor - aluno – saber), o que evoca que o saber construído na escola resulta sempre de uma co-construção aluno/professor.

É possível que os estudantes ampliem suas potencialidades e adquiram atitude científica através do exercício de conceber estratégias para resolver problemas, ou seja, investigando, utilizando e construindo modelos. Esta abordagem pode produzir resultados melhores se a escola investir em uma reorganização do ambiente mais propício à sua realização, o que inclui as condições materiais, a redistribuição dos alunos e do tempo de aula e a seleção dos conteúdos fundamentais.

Estudos sobre as potencialidades deste instrumento didático a favor da apropriação dos conteúdos científicos, considerando o contexto cultural brasileiro, devem ser endossados. Provavelmente, poderão contribuir para o avanço da concepção do ensino de ciências como uma prioridade das políticas públicas educacionais e da estratégia de desenvolvimento do setor.

Além disso e finalmente, faz-se necessário o investimento indispensável na formação dos professores em didática de modelizações. O PIBID representa uma iniciativa brasileira que deve ser ampliada, afim de garantir a qualidade e coerência científica das intervenções nas salas de aula e para que a aprendizagem ganhe sentido para o aluno, tornando-se duradoura.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à toda equipe do liceu *Honoré d'Estienne d'Orves*, especialmente à Céline Brémont, professora e coordenadora da disciplina de SVT, pela abertura das portas de suas classes, experiências trocadas e concessão do material didático.

REFERÊNCIAS

BOILEVIN, J. M. **La place des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences.** In : Grangeat, M. (Éd.), Les enseignants de sciences face aux démarches d'investigation. Des formations et des pratiques de classe. Grenoble, France : Presses Universitaires de Grenoble, p. 27-53, 2014.

BRITO, L. O., FIREMAN, E. C. Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.**, v.18, n.1, p.123-146, 2016.

CLERC, F. **Profession enseignant. Débuter dans l'enseignement.** Paris, France : Hachette. 256p, 1995.

DUSO, L., CLEMENT, L., PEREIRA, P.B., ALVES FILHO, J.P. Modelização: uma possibilidade didática no ensino de biologia. **Revista Ensaio**, v.15, n.2, p. 29-44, 2013.

EACEA - AGÊNCIA DE EXECUÇÃO RELATIVA À EDUCAÇÃO, AO AUDIOVISUAL E À CULTURA. **O Ensino das Ciências na Europa: Políticas Nacionais, Práticas e Investigação**. Rede Eurydice, Bruxelas, 2011.

HOUSSAYE, J. **Le triangle pédagogique**, Berne : Peter Lang, 1998.

LHOSTE, Y., PETERFALVI, B., ORANGE, C. **Problématisation et construction de savoir en SVT : quelques questions théoriques et méthodologiques**. Actualité de la Recherche en Education et en Formation, Symposium «Apprentissages, problématisations et savoirs», Strasbourg, 2007. http://www.congresintaref.org/actes_pdf/AREF2007_Yann_LHOSTE_300.pdf

MEC – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Fundação Capes. *PIBID* – **Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência.** Publicado em 3 de setembro de 2008. http://www.capes.gov.br/educacao-basica/capespibid/pibid

MEN – MINISTERE DE L'EDUCATION NACIONALE. **Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de SVT.** Classe terminale de la série scientifique, Bulletin officiel spécial n. 8 du 13 octobre 2011.

MEN - MINISTERE DE L'EDUCATION NACIONALE. **Plan de rénovation de l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école.** Bulletin officiel n. 23 du 15 juin 2000. http://www.education.gouv.fr/bo/2000/23/ensel.htm

MEN - MINISTERE DE L'EDUCATION NACIONALE. **Programme des lycées**, Hors-série, n. 6, v. 2, du 12 août 1999.

ORANGE, C. Quel milieu pour l'apprentissage par problématisation en sciences de la vie et de la terre ? **Éducation et didactique**, v.1, n.2, p.37-56, 2007.

ORANGE-RAVACHOL, D. Problèmes, modélisations et modèles dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la nature à dimension historique : le cas des sciences de la vie et de la Terre (SVT). **Tréma**. Disponível em <http://trema.revues.org/3508> Acesso em 03 fev. 2017.

ABSTRACT: This study focused on observations of Life and Earth Sciences lessons taught in a French public high school and aims to discuss the conditions necessary for the teaching of natural sciences based on research to help the students to appropriating of scientific knowledge effectively. This approach, not to be restrictive from the didactic point of view, should be supported in the practice of a hypothetico-deductive experimental type, in particular in the mediation of the use of models and the modeling, the choice content and the organization of class time. Three questions addressed to the students were always present in the didactical situations: What do you observe? What do you already know? What can we deduce? The lesson plans were developed following ten keys steps, including the problem-situation of research, the scientific debate in the classroom in order to design a resolution strategy, practical work and using or constructing models, the presentation and argumentation of the results from the students, the correction and validation of these results under the teacher's guidance and a final summary scheme. For classes with this approach to achieve their goals in the context of Brazilian education, it is essential to prepare teachers to apply them and reorganize the school environment. The good level of quality of teacher - student - knowledge interactions depends, therefore, on the effective investment in teachers training in the didactic modality of the use of models and modeling, essential to the success of natural sciences education.
KEYWORDS: Scientific education, modeling didactic, hypothetico-deductive method, secondary education, teacher training