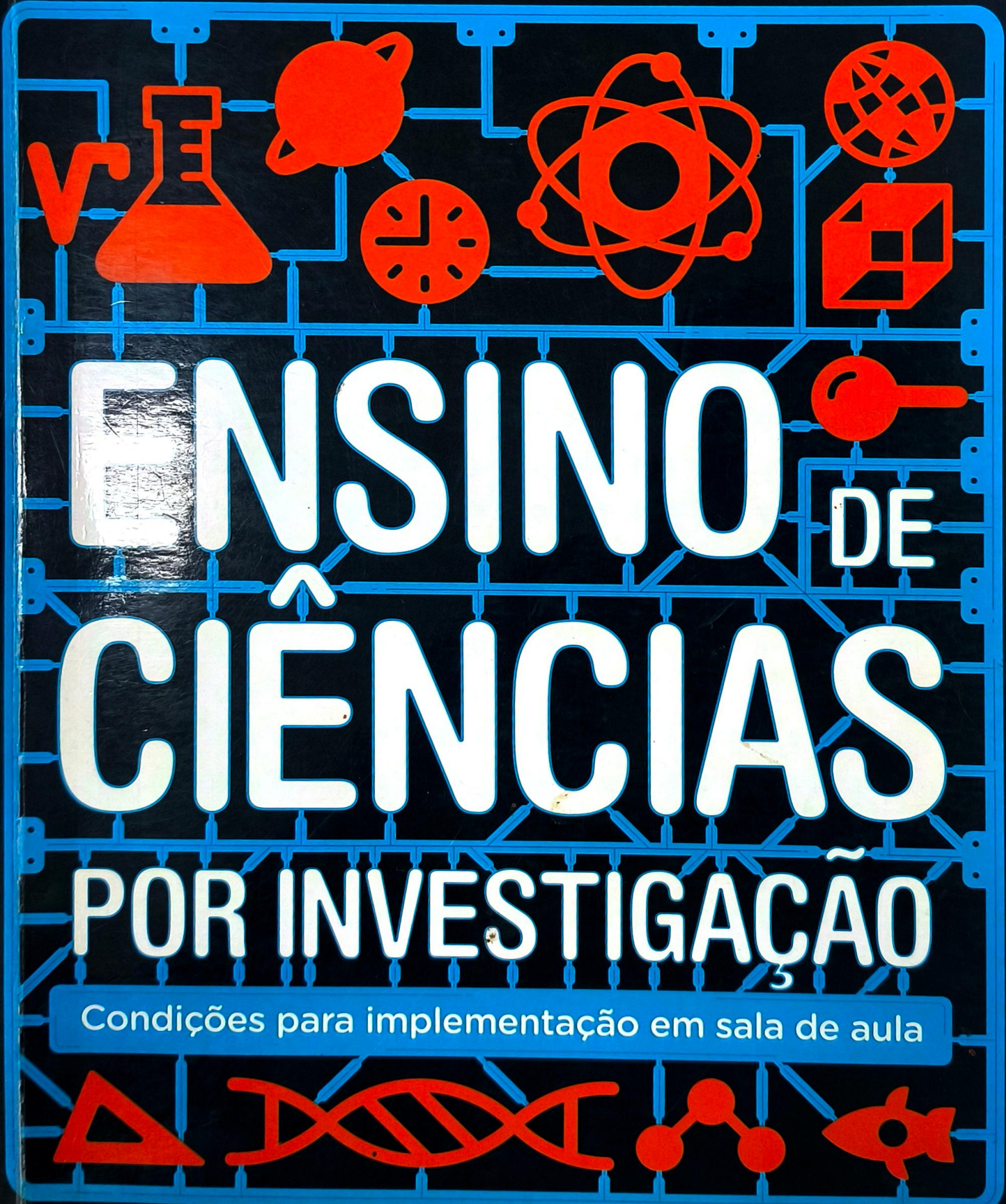




ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Condições para implementação em sala de aula

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Ensino de ciências por investigação : condições para implementação em sala de aula / Anna Maria Pessoa de Carvalho, (org.). -- São Paulo : Cengage Learning, 2016.

1. reimpr. da 1. ed. de 2013.
Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-85-221-1418-4

1. Ciências - Estudo e ensino 2. Prática de ensino
3. Sala de aula - Direção I. Carvalho, Anna Maria
Pessoa de.

13-00300

CDD-507

Índice para catálogo sistemático:

1. Ciências : Estudo e ensino 507

Ensino de Ciências por investigação:

condições para implementação em sala de aula

Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.)

Carla Marques Alvarenga de Oliveira

Daniela Lopes Scarpa

Lúcia Helena Sasseron

Luciana Sedano

Maíra Batistoni e Silva

Maria Candida Varone de Moraes Capecchi

Maria Lucia Vital dos Santos Abib

Viviane Briccia



CENGAGE
Learning®

Austrália • Brasil • Japão • Coreia • México • Cingapura • Espanha • Reino Unido • Estados Unidos

O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas

Anna Maria Pessoa de Carvalho

Alguns referenciais teóricos para a construção de sequências de ensino investigativas

Desde meados do século XX a educação sofre câmbios significativos, seguindo bem de perto as modificações ocorridas em nossa sociedade. A escola, com a finalidade de levar os alunos da geração atual a conhecer o que já foi historicamente produzido pelas gerações anteriores, também foi atingida por tais mudanças sociais. Durante muitos anos esses conhecimentos, pensados como produtos finais, foram transmitidos de maneira direta pela exposição do professor. Transmitiam-se os conceitos, as leis, as fórmulas. Os alunos replicavam as experiências e decoravam os nomes dos cientistas.

Dois fatores modificaram o processo de transferência do conhecimento de uma geração para a outra. O primeiro deles foi o aumento exponencial do conhecimento produzido – não é mais possível ensinar tudo a todos. Passou-se a privilegiar mais os conhecimentos fundamentais dando atenção ao processo de obtenção desses conhecimentos. Valorizou-se a qualidade do conhecimento a ser ensinado e não mais a quantidade. O segundo fator foram os trabalhos de epistemólogos e psicólogos que demonstraram como os conhecimentos eram construídos tanto em nível individual quanto social.

Muitos fatores e campos do saber influenciaram a escola de maneira geral e o ensino, em particular; no entanto, entre os trabalhos que mais influenciaram o cotidiano das salas de aula de ciências estão as investigações e as teorizações feitas pelo epistemólogo Piaget e os pesquisadores que com ele trabalharam, como ainda os conhecimentos produzidos pelo psicólogo Vigotsky e seus seguidores. Esses autores mostraram, com pontos de vista diferentes, como as crianças e os jovens constroem seus conhecimentos.

Inicialmente os educadores se debateram entre esses dois referenciais teóricos – o piagetiano e o vigotskiano – e suas possíveis influências no ensino. No entanto, por meio de pesquisas realizadas em ambientes escolares, o conflito entre as teorias se mostrou inexistente e o que se constata hoje é, ao contrário de décadas anteriores, uma complementaridade entre as ideias desses dois campos do saber quando aplicadas em diferentes momentos e situações do ensino e da aprendizagem em sala de aula.

As pesquisas piagetianas ao procurarem entender como o conhecimento, principalmente o científico, é construído pela humanidade, na busca da compreensão de sua epistemologia, partiram de dados empíricos retirados de entrevistas com crianças e adolescentes (Piaget, 1974 a, b). Estas ao serem realizadas com indivíduos de idades semelhantes a dos alunos escolares e com conteúdos próximos aos propostos pelos currículos de Ciências trouxeram ensinamentos úteis que orientam os professores, tanto no planejamento de suas sequências didáticas como em suas atitudes em sala de aula.

Um dos pontos que podemos salientar, e que se torna claro nas entrevistas piagetianas, é a *importância de um problema para o início da construção do conhecimento*. Ao trazer esse conhecimento para o ensino em sala de aula, esse fato – propor um problema para que os alunos possam resolvê-lo – vai ser o divisor de águas entre o ensino expositivo feito pelo professor e o ensino em que proporciona condições para que o aluno possa raciocinar e construir seu conhecimento. No ensino expositivo toda a linha de raciocínio está com o professor, o aluno só a segue e procura entendê-la, mas não é o agente do pensamento. Ao fazer uma questão, ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não é mais a de expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento.

Ao explicar o mecanismo de construção do conhecimento pelos indivíduos Piaget propõe conceitos como equilíbrio, desequilíbrio, reequilíbrio (Piaget, 1976). Entretanto o importante desta teoria para a organização do ensino é o entendimento que *qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior*. Este fato é um princípio geral de todas as teorias construtivistas e revolucionou o planejamento do ensino, uma vez que não é possível iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico, sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas a serem realizadas. Com base nesse conhecimento cotidiano, propondo problemas, questões e/ou propiciando novas situações para que os alunos resolvam (ou seja, desequilibrando-os) é que terão condições de construir novos conhecimentos (reequilíbrio) (Piaget, 1976).

Ao estudar a reequilibração, ou seja, nos estudos da construção de novos conhecimentos pelos indivíduos, os trabalhos piagetianos apresentaram duas condições muito importantes para o ensino e a aprendizagem escolar: a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual que tem lugar nesta construção, principalmente em crianças e jovens, e a importância da tomada de consciência de seus atos nessas ações (Piaget, 1978).

O entendimento da necessidade da *passagem da ação manipulativa para ação intelectual* na construção do conhecimento – neste caso incluindo o conhecimento escolar – tem um significado importante no planejamento do ensino, pois a finalidade das disciplinas escolares é que o aluno aprenda conteúdos e conceitos, isto é, constructos teóricos. Desse modo o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas. Nesses casos a questão, ou o problema, precisa incluir um experimento, um jogo ou mesmo um texto. E a passagem da ação manipulativa para a construção intelectual do conteúdo deve ser feita, agora com a ajuda do professor, quando este leva o aluno, por meio de uma série de pequenas questões a *tomar consciência* de como o problema foi resolvido e porque deu certo, ou seja, a partir de suas próprias ações.

Essa passagem da ação manipulativa para ação intelectual por meio da tomada de consciência de suas ações não é fácil para os alunos nem para o professor, já que conduzir intelectualmente o aluno fazendo uso de questões, de sistematizações de suas ideias e de pequenas exposições também não é tarefa fácil. É bem menos complicado expor logo o conteúdo a ser ensinado.

É nesta etapa da aula que o professor precisa, ele mesmo, tomar consciência *da importância do erro na construção de novos conhecimentos*. Essa também é uma condição piagetiana. É muito difícil um aluno acertar de primeira, é preciso dar tempo para ele pensar, refazer a pergunta, deixá-lo errar, refletir sobre seu erro e depois tentar um acerto. O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.

Todos os ensinamentos que podemos extrair das pesquisas e teorizações piagetianas são muito importantes para nos guiar para a construção de novos conhecimentos pelos alunos; no entanto, na escola, nas salas de aula, não trabalhamos com um único indivíduo, ao contrário temos de trinta a quarenta alunos juntos! É nessa ocasião, na construção social do conhecimento, que temos de levar em consideração os saberes produzidos por Vigotsky.

A importância do psicólogo Vigotsky para o ensino fundamenta-se em dois temas que o pesquisador desenvolveu em seus trabalhos. O primeiro, e para nós o mais fundamental, foi mostrar que “as mais elevadas funções mentais do

indivíduo emergem de processos sociais”. A discussão e a aceitação desse conhecimento trazido por Vigotsky (1984) veio modificar toda a interação professor-aluno em sala de aula.

O segundo tema foi demonstrar que os processos sociais e psicológicos humanos “se firmam por meio de ferramentas, ou artefatos culturais, que medeiam a interação entre os indivíduos e entre esses e o mundo físico”. Assim o conceito de interação social mediada pela utilização de artefatos sociais e culturalmente construídos (o mais importante entre eles é a linguagem) torna-se importante no desenvolvimento da teoria vigotskiana, uma vez que mostra que a utilização de tais artefatos culturais é transformadora do funcionamento da mente, e não apenas um meio facilitador dos processos mentais já existentes (Vigotsky, 1984).

O entendimento desse tema trouxe como influência para o ensino a necessidade de prestarmos atenção no desenvolvimento da linguagem em sala de aula como um dos principais artefatos culturais que fazem parte da interação social, não só no aspecto facilitador da interação entre professor e alunos, mas principalmente com a função transformadora da mente dos alunos.

A interação social não se define apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas também pelo ambiente em que a comunicação ocorre, de modo que o aprendiz interage também com os problemas, os assuntos, a informação e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula.

Outro conceito trazido por essa teoria que muito influenciou a escola foi o conceito de “zona de desenvolvimento proximal” (ZDP) que define a distância entre o “nível de desenvolvimento real”, determinado pela capacidade de resolver um problema sem ajuda, e o “nível de desenvolvimento potencial”, determinado pela resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com outro companheiro.

A teoria mostra que o desenvolvimento real é aquele que já foi consolidado pelo indivíduo, de forma a torná-lo capaz de resolver situações utilizando seu conhecimento de forma autônoma, portanto o nível de desenvolvimento real é dinâmico, aumenta dialeticamente com os movimentos do processo de aprendizagem.

O desenvolvimento potencial é uma incógnita, já que não foi ainda atingido; entretanto ele pode ser inferido com base no que o indivíduo consegue resolver com ajuda de um adulto ou de seus companheiros. O importante no entendimento deste nível é que ele é determinado pelas habilidades que o indivíduo já construiu, porém encontra-se em processo. Isto significa que a dialética da aprendizagem que gerou o desenvolvimento real gerou também habilidades que se encontram em um nível menos elaborado que o já consolidado. Em ou-

tras palavras podemos dizer que o desenvolvimento potencial é o conjunto de conhecimentos e habilidades que a pessoa potencialmente pode aprender, mas ainda não completou o processo, porém tem grande probabilidade para atingir com a orientação de outro, podendo esse outro ser um adulto (o professor) ou um colega de classe.

Esse é um conceito que, apesar de complexo, forneceu orientações para o desenvolvimento do ensino e trouxe também explicações do porquê algumas ações davam certo no dia a dia da sala de aula e outras não.

Uma destas ações que os professores já utilizavam com frequência em suas aulas é o *trabalho em grupo*. Com o conceito de zona de desenvolvimento proximal podemos entender o porquê os alunos se sentem bem nesta atividade: estando todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real é muito mais fácil o entendimento entre eles, às vezes mais fácil mesmo do que entender o professor. Além disso, como mostra o conceito, os alunos têm condições de se desenvolver potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas. O trabalho em grupo sobe de *status* no planejamento do trabalho em sala de aula passando de uma atividade optativa do professor para uma necessidade quando o ensino tem por objetivo a construção do conhecimento pelos alunos. Entretanto para utilizar a dinâmica de grupo eficazmente, dentro da teoria vigotskiana, deve-se escolher deixar os alunos trabalharem juntos quando na atividade de ensino tiver conteúdos e/ou habilidades a serem discutidos, ou quando eles terão a oportunidade de trocar ideias e ajudar-se mutuamente no trabalho coletivo. É o que chamamos de atividades sociointeracionistas. Se o trabalho em grupo for pensado como o somatório dos trabalhos individuais, ele poderá ter outra explicação, mas não a ZDP.

Vigotsky dá muito valor ao *papel do professor* na construção do novo conhecimento, dentro de uma proposta sociointeracionista, mostrando este como um elaborador de questões que orientarão seus alunos potencializando a construção de novos conhecimentos. Ao discutir a construção do conhecimento e de habilidades dentro das ZDP, isto é, a condução dos alunos da zona de desenvolvimento real para um possível desenvolvimento potencial – ele volta sempre ao papel desempenhado pelo adulto (no caso de um ensino escolar do professor) mostrando a necessidade deste auxílio, pois segundo ele o desenvolvimento consiste em um processo de aprendizagem dos usos das ferramentas intelectuais; pela interação social com outros mais experimentados no uso dessas ferramentas. Outro ponto importante de sua teoria foi mostrar o papel dos conhecimentos iniciais dos alunos. Vigotsky denominou o conjunto destes conhecimentos como zona de desenvolvimento real para a construção de novos conhecimentos. ┐

Os *conceitos espontâneos* dos alunos, às vezes com outros nomes como conceitos intuitivos ou cotidianos, são uma constante em todas as propostas construtivistas, pois são a partir dos conhecimentos que o estudante traz para a sala de aula que ele procura entender o que o professor está explicando ou perguntando.

Partimos dos trabalhos de Piaget que mostrou como o indivíduo constrói os conhecimentos, dando-nos base para entender como nosso aluno constrói seu conhecimento. Passamos pelos trabalhos de Vigotsky que enfatizou o papel social desta construção e a importância da mediação onde os artefatos sociais e culturalmente construídos têm papel fundamental no desenvolvimento dos alunos dando direção para as nossas aulas. Além disso, tiramos da própria teoria de Vigotsky a necessidade de nos aprofundarmos mais na epistemologia do conhecimento a ser proposto para podermos construir atividades de ensino que representem “os problemas, os assuntos, as informações e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula” (Vigotsky, 1984), criando assim condições para que os alunos, social e individualmente, construam o conhecimento que se deseja ensinar.

Um dos pontos mais importantes da epistemologia das Ciências, e que coincide com os referenciais teóricos já descritos é a posição de Bachelard (1938) quando propõe que *todo o conhecimento é a resposta de uma questão*. Entretanto não deve ser uma questão ou um problema qualquer. Essa questão ou este problema, para ser uma questão para os alunos, deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvam na busca de uma solução e na busca desta solução deve-se permitir que exponham seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto. Voltando a Bachelard (1938), ele escreve:

Surpreendeu-me sempre que os professores de Ciências, mais que os outros [...] não reflitam sobre o fato de que o adolescente chega à aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos: trata-se, assim, não de adquirir uma cultura experimental, e sim mais precisamente de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana.

▮ A “derrubada dos obstáculos já acumulados pela vida cotidiana” não é tarefa fácil para a escola, e um caminho é aceitar a proposta de Bachelard e procurar mudar a cultura experimental – de uma experimentação espontânea a uma experimentação científica – para que os alunos possam (re)construir seu conhecimento.

Não podemos dizer que temos um “método científico”, entretanto temos etapas e raciocínios imprescindíveis em uma experimentação científica, o que a faz diferenciar de uma experimentação espontânea. Uma dessas etapas são a

elaboração e o teste de hipóteses. O problema e os conhecimentos prévios – espontâneos ou já adquiridos – devem dar condições para que os alunos construam suas hipóteses e possam testá-las procurando resolver o problema. A solução do problema deve levar à explicação do contexto mostrando aos alunos que Ciências não é a natureza, mas leva a uma explicação da natureza. É nessa etapa que aparecem raciocínios científicos como “se”/“então”, relacionando duas variáveis e a eliminação de variáveis que foram levantadas como hipótese, mas que a realidade mostrou que não interferem no problema (Locatelli e Carvalho, 2007).

A visão sociointeracionista apresenta a importância, em um processo de aprendizagem, da interação social com outros mais experientes nos usos das ferramentas intelectuais. A implicação desse fato para o ensino de Ciências é que as interações entre os alunos e principalmente entre professor e alunos devem levá-los à argumentação científica e à alfabetização científica (Sasseron e Carvalho, 2011).

Assim as questões do professor devem levá-los a buscar evidências em seus dados, justificativas para suas respostas, fazê-los sistematizar raciocínios como “se”/ “então”/“portanto” ou o raciocínio proporcional, isto é, se uma das variáveis cresce, a outra também cresce ou se uma delas cresce, a outra decresce. Nesses casos a linguagem científica, isto é, a linguagem argumentativa vai se formando.

A linguagem é outra questão de extrema importância quer nos trabalhos de Vigotsky quer no desenvolvimento científico. É preciso levar os alunos da linguagem cotidiana à linguagem científica e essa transformação, da palavra que os alunos trazem para a sala de aula, com significados cotidianos, para a construção de significados aceitos pela comunidade científica tem um papel importante na construção de conceitos, pois, como mostra Lemke (1997),

[...] ao ensinar ciência, ou qualquer matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras [...] mas estas devem expressar os mesmos significados essenciais que hão de ser cientificamente aceitáveis. (1997, p. 105)

Além disso, a linguagem das Ciências não é só uma linguagem verbal. As Ciências necessitam de figuras, tabelas, gráficos e até mesmo da linguagem matemática para expressar suas construções. Portanto, temos de prestar atenção nas outras linguagens, uma vez que somente as linguagens verbais – oral e escrita – não são suficientes para comunicar o conhecimento científico. Temos de integrar, de maneira coerente, todas as linguagens, introduzindo os alunos

nos diferentes modos de comunicação que cada disciplina utiliza, além da linguagem verbal, para a construção de seu conhecimento. O aluno na disciplina de Geografia tem de aprender a ler os mapas, já, na de Ciências, deve entender e dar significado a uma tabela ou um gráfico. Sem dominar essas outras linguagens, esses outros modos de comunicação, não se dominam os conteúdos específicos de cada uma das disciplinas.

O professor, como o outro mais experiente em uma interação social tem de ensinar os alunos no uso das linguagens próprias de cada disciplina. Nesse contexto, Márquez et al. (2003) nos mostra dois processos que facilitam a integração dos diversos tipos de linguagens:

- a cooperação, quando uma linguagem reforça o significado da outra. Podemos dar como exemplo um professor que ao discutir um gráfico ou um mapa vai também indicando com gesto e expressando verbalmente o que quer demonstrar. Assim ele está cooperando, isto é, mostrando o mesmo significado com as três linguagens: a verbal, a gestual e a gráfica;
- a especialização, quando uma das linguagens adiciona novo significado à outra.

O professor, ao falar que uma variável depende da outra, por exemplo: “quanto mais tempo uma panela ficar no fogo, maior será a temperatura da água”, junto deve apresentar um gráfico demonstrando o aumento dessa temperatura com relação ao tempo. Esse gráfico demonstra determinado aumento de temperatura especificando a informação.

Introduzir os alunos nas diversas linguagens das Ciências é, na verdade, introduzi-lo na cultura científica, pois, como Lemke (1997) propõe: “ensinar Ciências é ensinar a falar Ciências”. E essa introdução deve ser feita pelo professor, pois é ele o adulto mais experiente na sala de aula, com muito cuidado, conduzindo os alunos da linguagem cotidiana à linguagem científica, por meio de cooperações e especializações entre elas.

Do conhecimento teórico para o planejamento e interações didáticas das sequências de ensino investigativo – SEI

Para que os alunos sejam alfabetizados cientificamente, tem-se de organizar as aulas de maneira compatível com os referenciais teóricos, o que não é tarefa fácil, pois a sala de aula é um ambiente completamente diferente tanto dos laboratórios científicos como dos estudos de Piaget e Vigotsky.

Também é importante deixar claro que não há expectativa de que os alunos vão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não têm idade, nem conhecimentos específicos nem desenvoltura no uso das ferramentas científicas para tal realização. O que se propõe é muito mais simples – queremos criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica, adquirindo, aula a aula, a linguagem científica como mostrada nos parágrafos anteriores, se alfabetizando cientificamente (Sasseron e Carvalho, 2008).

O mesmo acontece com os estudos piagetianos e vigostskianos. Não vamos replicá-los, pois esse não é o objetivo da escola, o que devemos fazer é utilizar os conhecimentos construídos por esses autores para, nas salas de aulas, criar um ambiente propício para os alunos construir seus próprios conhecimentos.

Nesse contexto teórico é que propomos as sequências de ensino investigativas (SEIS), isto é, sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores.

Assim, uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chave: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e ofereça condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso, após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Essa sistematização é a praticada de preferência por meio da leitura de um texto escrito quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto. Uma terceira atividade importante é a que promove a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, pois, nesse momento, eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social. Essa atividade também pode ser organizada para o aprofundamento do conhecimento levando os alunos a saber mais sobre o assunto. Algumas SEIS, para dar conta de conteúdos curriculares mais complexos, demandam vários ciclos dessas três atividades ou mesmo outros tipos delas que precisam ser planejadas.

Além de ensinar Ciências (ou qualquer outro conteúdo específico) a escola exige também do professor outras funções, como a de avaliar seus alunos

(Jiménez-Aleixandre et al., 2000). As inovações didáticas devem estar ligadas a inovações na avaliação, pois uma nova postura metodológica em sala de aula torna-se inconsistente aliada a uma postura tradicional de avaliação. Assim, propomos que uma atividade de avaliação e/ou de aplicação seja organizada ao término de cada ciclo que compõe uma SEI.

Nos parágrafos seguintes vamos detalhar, com maior profundidade, o planejamento e as interações didáticas das principais atividades que compõem as Sequências de Ensino Investigativas.

O problema

Muitas vezes os professores chamam o problema de desafio, principalmente os professores dos primeiros anos do Ensino Fundamental, entretanto preferimos denominar essa atividade de “problema” para uma maior identificação com os referenciais teóricos propostos.

Vários são os tipos de problemas que se pode organizar para iniciar uma SEI, o mais comum e o que envolve mais os alunos é, sem dúvida, o problema experimental, entretanto há várias experiências que trabalham com elementos que são perigosos para os alunos manipularem, como experiências com fogo – neste caso a manipulação deve ser feita pelo professor e o problema torna-se uma demonstração investigativa. Outras vezes o problema pode ser proposto com base em outros meios como figuras de jornal ou internet, texto ou mesmo ideias que os alunos já dominam: são os problemas não experimentais. Entretanto, qualquer que seja o tipo de problema escolhido, este deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantar e testar suas hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor. No planejamento dessas atividades o problema e o material didático que dará suporte para resolvê-lo devem ser organizados simultaneamente, pois um depende intrinsecamente do outro.

O problema experimental

O material didático – aparato experimental, textos, figuras – sobre o qual o problema será proposto precisa ser bem organizado para que os alunos possam resolvê-lo sem se perder, isto é, o material didático deve ser intrigante para despertar a atenção deles, de fácil manejo para que possam manipular e chegar a uma solução sem se cansarem (veja exemplos no site: www.lapef.fe.usp.br).

O material didático deve permitir que o aluno, ao resolver o problema, possa diversificar suas ações, pois é quando vai poder variar a ação e observar alterações correspondentes da reação do objeto que ele tem a oportunidade de estruturar essas regularidades. Caso não ocorra, isto é, se não houver uma correspondência direta entre as variações nas ações e reações, tal fenômeno oferecerá pouca oportunidade para estruturação intelectual.

O problema não pode ser uma questão qualquer. Deve ser muito bem planejado para ter todas as características apontadas pelos referenciais teóricos: estar contido na cultura social dos alunos, isto é, não pode ser algo que os espantem, e sim provoque interesse de tal modo que se envolvam na procura de uma solução e essa busca deve permitir que os alunos exponham os conhecimentos anteriormente adquiridos (espontâneos ou já estruturados) sobre o assunto. É com base nesses conhecimentos anteriores e da manipulação do material escolhido que os alunos vão levantar suas hipóteses e testá-las para resolver o problema.

O gerenciamento da classe e o planejamento das interações didáticas entre alunos e seus colegas e entre professor e alunos são tão importantes como o planejamento do material didático e a elaboração do problema. Vamos explicar essas ações, do professor e dos alunos, em etapas.

■ *Etapas de distribuição do material experimental e proposição do problema pelo professor*

Nessa etapa o professor divide a classe em grupos pequenos, distribui o material, propõe o problema e confere se todos os grupos entenderam o problema a ser resolvido, tendo o cuidado de não dar a solução nem mostrar como manipular o material para obtê-la. Principalmente nos primeiros anos do Ensino Fundamental, quando as experiências são bastante simples, é comum que, sem querer, o professor indique a resposta, o que pode eliminar toda a possibilidade de o aluno pensar.

■ *Etapas de resolução do problema pelos alunos*

Nesta etapa, o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantar hipóteses (ou seja, ideias para resolvê-lo) e os testes dessas hipóteses (ou seja, pôr essas ideias em prática). É a partir das hipóteses – das ideias – dos alunos que quando testadas experimentalmente deram certo que eles terão a oportunidade de construir o conhecimento. As hipóteses que quando testadas não deram certo também são muito importantes nessa construção, pois é a partir do erro – o que não deu

certo – que os alunos têm confiança no que é o certo, eliminando as variáveis que não interferem na resolução do problema. O erro ensina... e muito.

A resolução do problema precisa ser feita em pequenos grupos, pois os alunos com desenvolvimentos intelectuais semelhantes têm mais facilidade de comunicação. Além disso, também há a parte afetiva: é muito mais fácil propor suas ideias a um colega que ao professor. E, como o erro nessa etapa é importante para separar as variáveis que interferem daquelas que não interferem na resolução do problema, os alunos precisam errar, isto é, propor coisas que pensam testá-las e verificar que não funcionam. Tudo isso é mais fácil sem o professor por perto.

O papel do professor nessa etapa é verificar se os grupos entenderam o problema proposto. E deixá-los trabalhar.

▪ *Etapa da sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos*

O professor, ao verificar que os grupos já terminaram de resolver o problema, deve então recolher o material experimental, para que os alunos não continuem a brincar com eles, desfazer os grupos pequenos e organizar a classe para um debate entre todos os alunos e o professor. O ideal é um grande grupo, em círculo, em que cada aluno possa ver os outros colegas. Muitas vezes esse formato não é possível nas escolas.

Nesta etapa o papel do professor é muito importante. A aula, neste momento, precisa proporcionar espaço e tempo para a sistematização coletiva do conhecimento. Ao ouvir o outro, ao responder à professora, o aluno não só relembra o que fez, como também colabora na construção do conhecimento que está sendo sistematizado.

Por meio de perguntas – especialmente “Como vocês conseguiram resolver o problema?” – o professor busca a participação dos alunos, levando-os a tomar consciência da ação deles. É a etapa da passagem da ação manipulativa à ação intelectual. E como ação intelectual os alunos vão mostrando, por meio do relato do que fizeram, as hipóteses que deram certo e como foram testadas. Essas ações intelectuais levam ao início do desenvolvimento de atitudes científicas como o levantamento de dados e a construção de evidências.

O professor, ao atentar que todos já relataram o que fizeram, deve fazer a próxima pergunta (ou conjunto de perguntas) “Por que vocês acham que deu certo?” ou “Como vocês explicam o porquê de ter dado certo?”. Com esse tipo de pergunta os alunos buscarão uma justificativa para o fenômeno ou mesmo uma explicação causal, mostrando, no conjunto da classe, uma argumentação científica.

Essa explicação causal leva à procura de uma palavra, um conceito que explique o fenômeno. É nessa etapa que há a possibilidade de ampliação do vocabulário dos alunos. É o início do “aprender a falar ciência” (Lemke 1997).

Algumas vezes, no Ensino Fundamental, mas, quase sempre, no Ensino Médio, a sistematização dos dados leva à construção de tabelas e gráficos. Em tais casos a mediação do professor torna-se indispensável, pois, ao conduzir uma interação que vise à construção do conceito, também terá de conduzir a tradução entre a linguagem da tabela e do gráfico para a linguagem oral, buscando a cooperação e a especialização entre as linguagens científicas.

▪ *Etapa do escrever e desenhar*

Esta é a etapa da sistematização individual do conhecimento. Durante a resolução do problema os alunos construíram uma aprendizagem social ao discutir primeiro com seus pares e depois com a classe toda sob a supervisão do professor. É necessário, agora, um período para a aprendizagem individual. O professor deve, nesse momento, pedir que eles escrevam e desenhem sobre o que aprenderam na aula. O diálogo e a escrita são atividades complementares, mas fundamentais nas aulas de Ciências, pois, como o diálogo é importante para gerar, clarificar, compartilhar e distribuir ideias entre os alunos, o uso da escrita se apresenta como instrumento de aprendizagem que realça a construção pessoal do conhecimento (Oliveira e Carvalho, 2005). Voltaremos a discutir a escrita dos alunos no Capítulo 4.

Demonstrações investigativas

São problemas experimentais em que a ação é realizada pelo professor, pois, nesses casos, a aparelhagem oferece perigo ao ser manipulada pelos alunos. As etapas para o desenvolvimento desses problemas são as mesmas dos problemas experimentais, mas o professor precisa de mais autocontrole, na etapa de *resolução do problema*. Antes de manipular a aparelhagem para resolver o problema, é interessante fazer perguntas do tipo: “Como vocês acham que eu devo fazer?”, de modo a dar tempo para os alunos levantarem hipóteses e indicarem soluções que, então, serão realizadas pelo professor.

Também é preciso sempre lembrar que a resolução do problema não acaba na etapa manipulativa, quando se resolve o problema experimentalmente, pois a parte mais importante da resolução do problema é justamente a passagem da ação manipulativa – nesse caso realizada pelo professor – para a ação intelectual, que deve ser feita pelos alunos (tal relação será aprofundada no Capítulo 3). É a *etapa da sistematização do conhecimento*. Perguntas como “O que nós fizemos

para resolver o problema?” levam os alunos a tomar consciência das ações praticadas pelo professor e a estruturar os dados mostrando as evidências importantes do fenômeno. E perguntas como “Por que quando eu fiz essas ações o problema foi solucionado?” dão condições para que eles iniciem o processo argumentativo. Somente depois de proporcionar um período para os alunos pensarem, exporem suas argumentações, e em uma interação discursiva com os alunos, o professor terá a oportunidade de sistematizar o conceito que foi o objetivo do problema.

Também na demonstração investigativa deve ser dada oportunidade aos alunos de exporem individualmente, o que aprenderam por meio *de trabalho escrito e/ou desenhado*.

Problemas não experimentais

São problemas bastante utilizados no ensino, às vezes no início de uma SEI, mas também como atividade complementar visando à introdução de novos conhecimentos que darão sustentação ao planejamento curricular.

É muito comum, no Ensino Fundamental, o professor pedir para os alunos trazerem figuras de revistas e/ou gravuras de *sites* indicados na internet para a construção de um conceito. Quando os alunos já apresentam maior desenvoltura na leitura, os problemas não experimentais podem ser elaborados com o auxílio de notícias e/ou reportagem de jornais.

Nesse tipo de problema – quando o trabalho é com imagens – a ação manipulativa quase sempre visa à classificação delas, organizando-as na direção da resolução da questão proposta. E esse momento da atividade precisa ser feito em grupos pequenos de alunos, já que a atividade intelectual de se propor uma classificação requer discussão onde se levanta hipóteses e as testa.

As etapas para o desenvolvimento intelectual dos alunos com o objetivo de construção do conhecimento são as mesmas dos outros tipos de problemas: resolução do problema pelos grupos, sistematização do conhecimento elaborado e trabalho escrito sobre o que fizeram.

Muitas vezes esse tipo de problema é planejado em uma SEI para criar condições de introduzir os alunos em outras linguagens da Ciência, como a leitura de tabelas e gráficos. Um exemplo de problema do gênero, bastante comum em muitos livros-texto, é o proposto para analisar as tabelas nutricionais que constam dos rótulos dos alimentos industrializados. Nesses casos o importante não são os conceitos, mas a tradução da linguagem gráfica em linguagem oral. As perguntas “como?” e “por quê?”, na etapa da sistematização do conhecimento, devem ser direcionadas a esse objetivo.

Outro exemplo de problema com o mesmo objetivo, isto é, a introdução dos alunos nas diversas linguagens de Ciência, é aquele que, não sendo experimental, trabalha com dados experimentais trazidos pelo professor e/ou obtidos pelos próprios alunos em outras aulas. São problemas teóricos, de mais difícil resolução, pois, nesses casos, estão intrínsecas as operações intelectuais de cooperação e especialização entre as linguagens. Também nesses problemas é muito importante o trabalho em pequenos grupos de alunos, e a mediação do professor quando da sistematização do conhecimento.

Leitura de texto de sistematização do conhecimento

O professor propõe o problema, organiza os alunos para trabalhar em grupo, discute com toda a classe, sistematiza o conceito ou o conhecimento que foram o objetivo do problema, mas, ainda assim, permanece a todos os professores a questão: “Será que todos os alunos entenderam, ou somente os que falaram durante a aula?”. Mesmo analisando os trabalhos escritos feitos pelos alunos não se obtém essa resposta, pois eles nunca abordam todas as etapas desenvolvidas nas aulas e, muitas vezes, a imaginação corre solta, e os alunos relacionam o que aprenderam com o seu dia a dia, o que é muito bom, mas não traz segurança aos professores sobre o conhecimento que se pretendeu ensinar.

Um texto de sistematização, então, se torna extremamente necessário, não somente para repassar todo o processo da resolução do problema, como também o produto do conhecimento discutido em aulas anteriores, isto é, os principais conceitos e ideias surgidos. E tanto o processo da solução do problema como o produto agora são apresentados em uma linguagem mais formal, ainda que compreensível pelos alunos. A sistematização dessa linguagem mais formal torna-se necessária, uma vez que, durante todo o debate em que se deu a construção do conhecimento pelo aluno, a linguagem da sala de aula era muito mais informal que formal.

E essa atividade, de leitura e discussão da leitura do texto de sistematização, deve ser pensada como uma atividade complementar ao problema.

Nos primeiros anos do Ensino Fundamental o texto pode ser lido pelo próprio professor, uma vez que os alunos ainda não dominam a leitura de um texto de vários parágrafos. Nas séries posteriores são os alunos que se tornam responsáveis pela leitura, entretanto o professor precisa se certificar de que todos entenderam por meio de discussões ou de questionários bem organizados. (Veja Capítulo 5 – Ciências e leitura: um encontro possível, p. 77)

Atividades que levam à contextualização social do conhecimento e/ou ao aprofundamento do conteúdo – Para saber mais

São vários os tipos de atividades de contextualização possíveis de serem planejados.

As mais simples se reduzem a *questões* como “No seu dia a dia onde vocês podem verificar esse fenômeno?” logo após a discussão do problema. Essa é uma questão elementar, singela mesmo, mas que leva o aluno, na sua imaginação, da sala de aula à sua realidade.

Nas atividades de conhecimento físico (Carvalho et al., 1998; www.lapef.fe.usp.br) sempre obtivemos contextualizações bastante interessantes sobre os fenômenos estudados. Podemos citar alguns exemplos: no fim do problema “sombras iguais”, quando o conceito a ser aprendido pelos alunos era o de sombra, a resposta quase imediata à pergunta de contextualização foi falar sobre o guarda-sol na praia. No problema “das sombras no espaço”, planejado para introduzirmos, em aulas posteriores, a explicação dos eclipses, esse fenômeno foi perfeitamente explicado por um aluno, quando depois de discutir a experiência o professor perguntou: “O que vocês viram nesta semana que poderia ter a mesma explicação?”. No problema da bolinha que desce em uma rampa e cai em uma cestinha, relacionando a altura de queda com a velocidade, os alunos tanto comentaram sobre a montanha-russa dos parques de diversão como sobre a realidade de descer um morro de bicicleta e cair porque sua velocidade era grande.

Muitas vezes a contextualização pretendida apresenta um objetivo mais elaborado. Por exemplo, com a mesma atividade do problema da cestinha o professor pode chegar à produção de energia elétrica nas usinas hidrelétricas. Nesses casos, a contextualização social do conhecimento deve ser feita mediante um texto organizado para esse fim. Agora transformar esse texto em uma atividade investigativa demanda o planejamento de um problema do tipo “O que há de semelhante entre o que você viu e fez resolvendo o problema da bolinha na cestinha e a descrição de produção de energia elétrica em uma usina hidrelétrica?”.

Os textos de contextualização sempre devem ser seguidos de questões que relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico). O trabalho a ser realizado em sala de aula deve obedecer às mesmas etapas já apresentadas: a discussão em grupo pelos alunos; a abertura das discussões com toda a classe, coordenada pelo professor, e a escrita individual pelos alunos em seus cadernos.

Em muitas Sequências de Ensino Investigativas é preciso ir além do conteúdo explorado pelo problema e pela atividade de contextualização social do conhecimento. Nesses casos, novas atividades são planejadas com essa finalidade. Essas atividades podem ser organizadas com diversos tipos de material didático como: coleções de figuras recortadas de revistas, textos, jogos, pequenos vídeos e/ou simulações encontradas na internet sobre o assunto tratado, entre outros.

O ideal é que essas atividades sejam aplicações interessantes do conteúdo que está sendo desenvolvido ou mesmo um aprofundamento em que serão introduzidos novos conceitos correlatos importantes para o desenvolvimento de novas SEIS. Vamos exemplificar com algumas SEIS que organizamos para o Ensino Fundamental (Carvalho et al., 2011).

Depois de uma experiência demonstrativa na qual o professor conduz os alunos a observar a esterilização de alimentos são introduzidos dois textos como “Para Saber Mais”: o primeiro deles para discutir que nem todo alimento que apresenta microrganismos está estragado, e o segundo que expõe os microrganismos causadores de doenças. Em outra SEI com o objetivo de estudar as transformações de materiais, depois de propormos dois problemas – um experimental: “como encher o balão de aniversário sem assoprar dentro dele”, e outro demonstrativo: “observar a queima de um papel” –, introduz-se um texto explicativo sobre a fumaça e o gás carbônico.

No entanto, o mais importante, ao planejarmos as atividades de aprofundamento, é que estas devem ser pensadas como atividades investigativas, isto é, todas devem ser organizadas para que os alunos em grupo discutam, expondo aos colegas suas ideias e seus entendimentos do texto (ou do vídeo, do jogo, da simulação, entre outros recursos) e, após a discussão em grupo, o professor sistematize o conhecimento com uma releitura do texto.

Nos últimos anos do nível Fundamental e Médio, as atividades de contextualização social do conhecimento ou de aprofundamento podem ser feitas com textos de História das Ciências. Esses são muito ricos, pois iniciam os alunos às ideias e aos processos aplicados pelos cientistas. Como quase sempre a Ciência ensinada na escola está defasada em séculos da Ciência produzida na atualidade, tais textos históricos dão margem a discussões que relacionam Ciência e desenvolvimento social. Entretanto, assim como nos textos organizados para o Fundamental I, estes devem ser planejados aliados a questões que deverão dar suporte para que os alunos discutam o texto em grupos pequenos antes que a discussão seja dirigida pelo professor.

Atividade de avaliação e/ou aplicação finalizando uma SEI

Como já se evidenciou anteriormente uma SEI pode ser formada por um ciclo, ou por vários ciclos, dessas atividades principais, mas, no final das atividades ou pelo menos no final de cada ciclo, é importante planejar uma avaliação. No entanto, não deve ter o caráter de uma avaliação somativa, que visa a classificação dos alunos, mas, sim, uma avaliação formativa que seja instrumento para que alunos e professor confirmem se estão ou não aprendendo. E tais instrumentos de avaliação precisam ter as mesmas características que o ensino proposto. E a proposta das SEIS está pautada na ideia de um ensino cujos objetivos concentram-se tanto no aprendizado dos conceitos, termos e noções científicas como no aprendizado de ações, atitudes e valores próprios da cultura científica.

Assim, temos de compatibilizar os objetivos do ensino, realizado pelas atividades das SEIS, com a avaliação da aprendizagem dos alunos nos mesmos termos: avaliação dos conceitos, termos e noções científicas, avaliação das ações e processos da ciência e avaliações das atitudes exibidas durante as atividades de ensino.

Esse processo exige uma mudança de postura do professor em relação às formas de avaliar a aprendizagem dos alunos. É importante que sempre esteja atento à sua turma, às ações e aos resultados por ela realizados e alcançados. A observação e os registros do professor sobre os alunos são um instrumento de avaliação essencial para acompanhar o desempenho dos estudantes.

Avaliar os conteúdos conceituais é uma tradição no ensino, e os professores não têm dificuldades em construir instrumentos para essa avaliação. O que propomos é que nas SEIS essas avaliações, com maior foco na aprendizagem conceitual, sejam planejadas na forma de questionamento, da construção de um painel, da resposta às cruzadinhas. Logicamente, com algumas dessas atividades podemos também avaliar os conteúdos processuais e atitudinais. É importante que o professor faça uso da imaginação para que a atividade não se torne monótona, pois, sendo interessante, os alunos nem sempre vão perceber que são avaliados. Podemos denominar essas atividades de “Pense e resolva”, porque realmente é uma aplicação do conteúdo já ensinado em uma nova atividade investigativa. Outra forma de avaliação do conteúdo conceitual, esta mais tradicional, é, ao final de cada SEI, organizar um questionário sobre os pontos fundamentais que foram desenvolvidos.

Os conteúdos processuais e atitudinais não são tão comuns de serem avaliados na escola, mas nas SEIS essas avaliações se tornam importantes, pois fazem parte

integrante do ensino de Ciências como investigação e precisam ser ressaltados pelos professores para os alunos. Vamos dar exemplos de comportamentos de alunos que indicam estar aprendendo o processo da construção do conhecimento científico e apresentam atitudes compatíveis com tal procedimento.

Quando na etapa da resolução do problema em pequenos grupos, deve-se observar os alunos: se estes colaboram entre si na busca da solução do problema, se apresentam comportamento que indica uma aprendizagem atitudinal e se eles discutem buscando ideias que servirão de hipóteses e as testam – isso indica uma aprendizagem processual do grupo. É preciso verificar quem não participa nem em termos de atitude nem em termos de processo. Essa avaliação deve ser feita sempre que os grupos trabalharem. É esse o papel do professor nessa etapa da aula.

A discussão é aberta, professor/classe, os comportamentos que indicam uma aprendizagem atitudinal são, por exemplo, o esperar a sua vez para falar ou prestar atenção e considerar a fala do colega. Comportamentos relacionados ao domínio procedimental podem ser observados quando o aluno descreve as ações observadas; relaciona causa e efeito, explica o fenômeno observado.

No trabalho escrito dos alunos constata-se a aprendizagem atitudinal quando eles escrevem os verbos de ação no plural mostrando o respeito pelo trabalho realizado em grupo, e a aprendizagem procedimental é evidenciada quando relatam, por meio do texto e/ou do desenho, a sequência das ações realizadas e as relações existentes entre as ações e o fenômeno investigado.

Na leitura de textos, tanto os de sistematização das ações, que levaram à resolução do problema, como os organizados para contextualizar e/ou aprofundar os conhecimentos enfocados na sequência, temos como critérios, para a avaliação desse tópico, a verificação de se o aluno consegue selecionar as informações relevantes do texto e se ele relaciona a leitura aos diferentes momentos das atividades experimentais já vivenciadas anteriormente. Entretanto, para classificar a aprendizagem desses critérios em conceituais, processuais e/ou atitudinais são necessárias mais informações, como o modo que foram trabalhados na classe pelo professor. Se o trabalho dos alunos foi individualmente e por escrito, esses objetivos podem ser classificados como conceituais; no entanto, se foram debatidos professor/classe é possível, que, durante a discussão, surjam atitudes e procedimentos que mereçam uma avaliação (positiva) do professor.

Outras atividades, como o trabalho com figuras, construção de painel, observação de vídeos da internet, apresentam critérios de avaliação atitudinal e procedimental muito semelhantes aos descritos anteriormente.

Uma avaliação pensada como formativa, realizada no decorrer do ensino de uma SEI, tem a finalidade também de proporcionar oportunidades para uma au-

toavaliação por parte dos alunos, cabendo ao professor orientá-los no reconhecimento de seus avanços e nas conquistas que, ainda, precisam ser alcançadas.

Referências bibliográficas

- BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin, 1938.
- CARVALHO, A. M. P. et al. *Conhecimento físico no ensino fundamental*. São Paulo: Scipione, 1998.
- CARVALHO, A. M. P. et al. *Investigar e aprender ciências*. São Paulo: Sarandi, 2011.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRIGUEZ, A.; DUSCHL, R. A. "Doing the lesson" or "doing science": Argument in High School Genetics. *Science Education*, v. 84, p. 757-792, 2000.
- LOCATELLI, R. J.; CARVALHO A. M. P. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 7, p. 1-18, 2007.
- LEMKE, J. L. *Aprendendo a hablar ciencias: Linguagem, aprendizagem y valores*. Barcelona: Paidós, 1997.
- MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Comunicación multimodal en la clase de Ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 3, p. 371-386, 2003.
- OLIVEIRA, C. M. A.; CARVALHO, A. M. P. Escrevendo em aulas de Ciências. *Ciência e Educação* (UNESP) v. 11, p. 347-366, 2005.
- PIAGET, J. *A tomada de consciência*. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1977(a).
- _____. *La explicación en las ciencias*. Barcelona: Martinez Roca, 1977(b)
- _____. *A equilibração das estruturas cognitivas*. Rio de Janeiro: Zahar Editores: 1976.
- PIAGET, J. *Fazer e compreender*. São Paulo: Melhoramentos/Edusp, 1978.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: A presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência e Educação* (UNESP), v. 17, p. 97-114, 2011.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: A proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências* (UFRGS), v. 13, p. 333-352, 2008.
- VIGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1984.