

O CONSTRUTIVISMO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ORIGENS E MODELOS TEÓRICOS DE DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL¹

CONSTRUCTIVISM IN SCIENCE EDUCATION: THEORETICAL ORIGINS AND MODELS OF CONCEPTUAL DEVELOPMENT

Ágatha Maria Momoli Giacopini
Licenciada em Matemática pelo IMECC/Unicamp

Caio Sene da Silva
Bacharel e Licenciado em Física pelo IFGW/Unicamp

Jorge Megid Neto
Licenciado em Física, Mestre e Doutor em Educação pela Unicamp
Docente da Faculdade de Educação - Unicamp
megid@unicamp.br

Resumo

Trata-se de um artigo com características de um ensaio teórico, cujo objetivo é apresentar e discutir as origens do movimento construtivista na área de ensino de Ciências no Brasil e em outros países e os principais modelos teóricos dos processos de mudança conceitual ou desenvolvimento conceitual. Este texto tem sido utilizado em várias disciplinas de graduação e cursos de formação continuada de professores, podendo ainda propiciar apoio teórico a pesquisas e estudos acadêmicos em geral. Temos defendido a ideia de que, embora os modelos de “mudança conceitual” e de “evolução conceitual” tenham sido mais difundidos em âmbito internacional e amplamente aplicados nos processos de ensino e aprendizagem na área de ciências da natureza, o modelo de “perfil conceitual”, além de incorporar os aspectos positivos dos dois modelos supracitados, traz uma discussão crítica das relações entre ciência, tecnologia e sociedade; valoriza os diversos processos de construção de conhecimentos por parte dos indivíduos e grupos sociais numa perspectiva de enculturação e não de aculturação; valoriza o diálogo entre as diferentes culturas e linguagens, sem considerar a cultura e a linguagem científicas em supremacia às diversas formas de conhecimento humano.

Palavras-chave: Construtivismo; Ensino de Ciências; Mudança Conceitual; Evolução Conceitual; Perfil Conceitual.

Introdução

O construtivismo é uma abordagem de ensino-aprendizagem que parte da premissa de que o aluno deve participar efetivamente da construção do seu conhecimento, saindo da posição de mero espectador para passar a ser o construtor de seus conceitos. De fato, Driver (1994, p. 5) afirma que “o conhecimento não é diretamente transmitido, mas construído ativamente pelo aprendiz”.

¹ Texto elaborado em 2012, em projeto de pesquisa com apoio FAPESP, sob orientação do Prof. Jorge Megid Neto (FE-Unicamp).

No campo da pesquisa em Educação em Ciências, o referencial mais utilizado para fundamentar o construtivismo é a teoria piagetiana dos processos de aquisição de conhecimento. Outros autores também são referenciados, embora com menor frequência, como Vygotsky, Ausubel, Novak, Gagné entre outros.

Para Ausubel, a aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva – entendida como totalidade de ideias de um indivíduo e sua organização. O termo-chave de sua teoria é *aprendizagem significativa*, processo através do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do sujeito. A nova informação ancora-se em conceitos preexistentes na estrutura de conhecimento do indivíduo, incorporando-se de uma forma não arbitrária a tal estrutura.

Do ponto de vista de Vygotsky, a aquisição de conhecimentos se dá pela interação entre sujeito e meio, uma vez que o sujeito adquire conhecimentos através das relações pessoais e por meio da troca com o ambiente, num processo denominado *mediação* (intervenção). Dando destaque ao processo histórico-social e ao papel da linguagem no desenvolvimento do indivíduo, Vygotsky afirma que só há aprendizagem devido ao meio histórico; sem o aprendizado e o contato do indivíduo com o espaço social não há desenvolvimento.

No caso das escolas, o professor, além do papel de mediador central – visto que seu objetivo em sala é proporcionar ao aluno oportunidades de melhoria da sua capacidade intelectual –, possui a incumbência de estimular o estudante para fazê-lo aprender e avançar em seu desenvolvimento. Portanto, cabe ao docente conhecer o nível de desenvolvimento cognitivo do aluno, ter noção daquilo que o mesmo já sabe, auxiliar o educando no amadurecimento das suas ideias e conceitos por intermédio de intervenções, incitando mudanças que não ocorreriam de forma espontânea. Vygotsky afirma que a escola, sendo um ambiente de favorecimento à mediação e à interação sociocultural, possui relevância fundamental na vida dos estudantes.

Já Piaget, apoiado em seus estudos de psicologia genética, argumenta que a aprendizagem se dá através da construção do conhecimento por meio do aprendiz, partindo não de conceitos que são dados aos alunos, mas considerando todo o conhecimento prévio destes.

Para Piaget, o processo pelo qual o indivíduo constrói conhecimentos e novas estruturas intelectuais é chamado de *equilibração*. Esse processo é desencadeado quando o sistema cognitivo individual reconhece uma perturbação (anomalia), que pode ser

gerada por conflitos ou lacunas, perturbações exteriores sobre as quais o indivíduo age assimilando algo do meio físico ou social. Para que a perturbação leve o indivíduo a um progresso do seu saber, é necessária uma construção compensatória, em que as lacunas sejam preenchidas por reforços, e os conflitos corrigidos.

Piaget considera que:

Só há aprendizagem quando há acomodação, ou seja, uma reestruturação da estrutura cognitiva (esquemas de assimilação existentes) do indivíduo que resulta em novos esquemas de assimilação. A mente, sendo uma estrutura (cognitiva) tende a funcionar em equilíbrio, aumentando permanentemente seu grau de organização interna e de adaptação ao meio. Entretanto, quando este equilíbrio é rompido por experiências não assimiláveis, o organismo (mente) se reestrutura (acomodação) a fim de construir novos esquemas de assimilação e atingir novo equilíbrio (*apud* MOREIRA, 1985, p. 55).

Em outras palavras, a construção do conhecimento em sala de aula será influenciada pelas concepções que o indivíduo já carrega, uma vez que “o sistema cognitivo é uma totalidade que se conserva nas assimilações e acomodações.” (PIAGET, 1977 *apud* MORTIMER, 2000). Por *assimilação* entende-se a “incorporação de um elemento exterior (objeto, acontecimento etc.) num esquema sensório-motor ou conceitual do sujeito” (Idem). Já por *acomodação* entende-se “a necessidade do esquema de assimilação em considerar as particularidades próprias dos elementos a assimilar” (Idem). Logo, só haverá o aumento do conhecimento a partir do momento em que o sujeito “absorve as perturbações, atingindo um novo estado de equilíbrio diferente e superior ao anterior” (MORTIMER, 2000, p. 41).

Portanto, adotar a postura construtivista implica em defender que “a acomodação de uma nova ideia envolve a modificação dos esquemas anteriores que o sujeito dispunha para tentar assimilar a novidade.” (Idem, p. 42). Isto é, a aceitação de um novo conceito por parte do aluno abrange construir conceitos científicos e superar as concepções alternativas, partindo do aluno o modo como ele realizará essa seleção de ideias. Com isso, somente depois dessa adaptação cognitiva, conforme Piaget se refere, pode-se afirmar que o aluno adquiriu conhecimento.

Apesar do construtivismo piagetiano predominar na prática ou ideário escolar da atualidade, “reconhece-se que o construtivismo significa diferentes coisas para diferentes pesquisadores e que os construtivistas não concordam entre si sobre qual a extensão adequada da teoria”. (MATTHEWS, 2000, p. 273).

Por exemplo, para o campo da Didática das Ciências, segundo Marín Martínez (2003 *apud* QUEIROZ; BARBOSA-LIMA, 2007), destacam-se quatro tipos de

construtivismo: o piagetiano, já descrito anteriormente; o humanista, com destaque para a teoria de Novak; o social (inicialmente Movimento das Concepções Alternativas - MCA), procedente de Vygotsky; e o construtivismo radical.

Marín Martínez (2003 *apud* QUEIROZ; BARBOSA-LIMA, 2007), em outro momento, reorganiza essa categorização em duas novas categorias: o construtivismo *estático* e o *dinâmico*. O estático admite que as interações do sujeito com os novos materiais (texto, explicação, experiências) levam em conta o conhecimento prévio do sujeito, crendo que o conhecimento novo será construído por associações entre esse conhecimento cotidiano e o científico. O construtivismo dinâmico também assume que existem essas interações, porém defende que o indivíduo vai além de realizar essas associações: considera ainda a estrutura cognitiva do sujeito. Em outras palavras, contempla os processos de assimilação e acomodação piagetianos.

Assim, a teoria piagetiana traz uma nova visão sobre o processo de aprendizagem do aluno: deixa de lado a teoria tradicional (aprendizagem por transmissão-recepção cultural, com base no comportamentalismo) – na qual o aluno é apenas um armazém de informações, detentor de nenhum saber a priori e que está em sala para receber toda essa doação de conhecimento via professor e material didático –, e proporciona sentido aos fenômenos para o aluno. Como o educador parte de vivências do aluno ou de elementos do interesse deste, essa atitude instiga uma enorme motivação em aprender por parte do aluno. Na perspectiva tradicional de ensino-aprendizagem, não há quase nenhum espaço para isso: o professor concede os conteúdos e explicações dos fenômenos ao estudante, sem cogitar se há interesse do aluno em aprender esses conceitos. Já numa perspectiva diferenciada, Pozo e Crespo (2009) afirmam que “a aprendizagem construtivista produz resultados mais sólidos e significativos que outras formas de aprendizagem, em definitivo é uma aprendizagem mais eficaz [...]”.

No entanto, apesar da revolução nos processos de ensino-aprendizagem que os estudos piagetianos provocaram, sua teoria recebe diversas críticas:

“Eles (os construtivistas) permanecem cegos para sua maior implicação: o indivíduo não se defronta com o mundo, e o vivencia [...]. Ele precisa absorver, aprender e ser formado por seu meio social e linguístico. A linguagem, especialmente a linguagem científica e a matemática, precisa ser dominada e, no final do processo, transmitida. [...] Se as normas e conceitos culturais não podem ser transmitidos, como eles se tornam parte da constituição cognitiva do indivíduo?”(MATTHEWS, 2000, p. 276).

De fato, existe toda uma linguagem científica específica referente ao conhecimento científico que o aluno precisa dominar. Entretanto, no Movimento das

Concepções Alternativas, um dos papéis do professor está em firmar esses conceitos, tornar as ideias mais sólidas e garantir que o aluno tenha incorporado o conhecimento científico. Isso inclui o docente transmitir os jargões de cada assunto para o estudante.

Além da questão da linguagem própria que cada conceito carrega, as críticas norteiam a própria questão da construção de conceitos pelo aluno em termos pedagógicos: Muitos educadores em ciências estão interessados em descobrir como pode alguém, baseado em princípios construtivistas, ensinar um corpo de conhecimento científico que é em grande parte abstrato [...], que é distanciado da experiência [...], que não tem conexão com concepções prévias [...], e que é estranho ao senso comum e contraria expectativas e conceitos quotidianos (MATTHEWS, 2000, p. 286).

Por que os alunos têm dificuldade em aprender ciências?

Agora que já se aprofundou acerca do que é o construtivismo e como ele está associado à dualidade ensino-aprendizagem, poder-se-ia afirmar precipitadamente que bastam estes saberes para que ocorra uma (r)evolução no ensino.

Atualmente a educação científica encontra-se em crise, espalha-se um sentimento de frustração entre os professores, especialmente nos anos finais do ensino fundamental e ensino médio, tendo como responsável por isso a falta de motivação e interesse dos jovens em aprender, com destaque para a área de ciências. Além da falta de interesse, os jovens apresentam atitudes inadequadas com respeito ao trabalho científico “assumindo posições passivas, esperando respostas em vez de dá-las, e muito menos são capazes de fazerem eles mesmo perguntas” (POZO; CRESPO, 2009, p. 18), postura criticada pela teoria do construtivismo.

Há uma queixa sobre a passividade dos alunos, todavia esporadicamente a participação efetiva deles é solicitada pelo educador, não deixando espaços de participação autônoma para os alunos. Da mesma forma, há uma insatisfação quanto à sensibilidade dos jovens aos problemas sociais, porém a educação que lhes é passada se trata de um “conjunto de conhecimentos formais que formam uma torre de cristal isolada do ruído humano” (POZO; CRESPO, 2009, p. 34).

Quanto à ausência de entusiasmo, basta frequentar uma sala de aula para perceber uma notória falta de interesse dos alunos em participar das aulas ou em estudar a matéria, o que se pode traduzir em poucas palavras como um estudante “relaxado” ou então “indisciplinado”. Mas por que isto ocorre?

Não se pode esquecer que a sociedade vive como uma “sociedade de informação”, na qual cada aluno está à mercê de diversas fontes de informação que chegam a ele, inclusive resultando numa saturação informativa: os estudantes não precisam procurar pela informação, ela chega até ele em formatos muitas vezes mais atrativos do que os

utilizados pela escola, bombardeando cada um com um suposto conhecimento útil e de grande importância. Utiliza-se “suposto” uma vez que esse conhecimento chega, na maioria das vezes, fragmentado, superficial e, possivelmente, deformado. É necessário selecionar, organizar e, sobretudo, interpretar esse conhecimento:

A escola não pode mais proporcionar toda a informação relevante, porque esta é muito mais móvel e flexível do que a própria escola; o que ela pode fazer é formar os alunos para que possam ter acesso a ela e dar-lhe sentido, proporcionando capacidades de aprendizagem que permitam uma assimilação crítica da informação (POZO; CRESPO, 2009).

Quanto ao panorama da passividade, para mudá-lo primeiramente é preciso que os professores tomem consciência “não só das atitudes que desejam em seus alunos, mas também daquelas que, muitas vezes inconscientemente, expressam em suas condutas” (POZO; CRESPO, 2009, p. 33) e, assim, haverá uma mudança de atitudes motivando os jovens a aprender ciência.

Apesar de muitos professores ignorarem o fato, também é responsabilidade deles despertar no aluno o interesse em aprender ciência, afinal, mesmo que inconscientemente, “muitos professores, por sua conduta na sala de aula, estão transmitindo atitudes que contagiam os alunos e, por isso, é conveniente controlar melhor quais são os modelos que estamos oferecendo a eles” (POZO; CRESPO, 2009, p. 34).

Ainda assim, a aquisição de atitudes mesmo modelada, requer um envolvimento pessoal maior, pois os adolescentes são mais sensíveis à necessidade de possuir uma identidade social, sendo necessária uma proximidade entre educador e aluno, para que assim, dentro das estratégias utilizadas pelo professor, a aprendizagem chegue a um nível satisfatório.

Outro fator que se deve levar em consideração é a maneira com que os alunos estão encarando e aprendendo ciência. “Tradicionalmente, o ensino da ciência tentou promover nos alunos uma atitude científica, ou seja, tem tentado que eles adotem, como forma de aproximar-se dos problemas, os métodos de indagação e experimentação normalmente atribuídos à ciência” (OLIVEIRA, 2012, p. 9). Nessa atitude de indagação, espera-se que esteja incorporada a curiosidade, que desde criança possuímos, sendo enriquecida com métodos adequados de aproximação à realidade.

Concepções prévias/alternativas: um papel importante para o aprendizado

Se a falta de motivação e o entusiasmo são notórios dentro de uma sala de aula, é necessário buscar meios para que o aluno percorra uma aprendizagem demasiada

produtiva. Sob o ponto de vista do processo de ensino-aprendizagem, nota-se então o papel fundamental que as concepções prévias têm para o novo aprendizado. De fato, as concepções que os alunos trazem são determinantes para este processo, já que em muitos casos criam resistências à aprendizagem e, por vezes, a partir desse obstáculo pedagógico pode-se criar um aprendizado mais sólido: “A aprendizagem em sala de aula, a partir dessa perspectiva, é vista como algo que requer atividades bem elaboradas que desafiem as concepções prévias do aprendiz, encorajando-o a reorganizar suas teorias pessoais” (DRIVER, 1994, p. 31). O questionamento que o aprendiz faz em sua consciência passa a ser precursor do aprendizado, podendo posteriormente construir um conceito científico, a partir da reflexão e entendimento das diferenças e relações com seu conhecimento prévio.

Dessa forma, antes de discorrer a respeito de como se deve lidar com os conhecimentos cotidiano e científico e discutir os possíveis modelos de aprendizagem na perspectiva construtivista, é necessário comentar sobre as diferentes terminologias utilizadas para caracterizar os conhecimentos prévios dos estudantes: pré-concepções, conhecimento prévio, concepções espontâneas, concepções alternativas (ao conhecimento científico), concepções errôneas, conceitos intuitivos, concepções do senso comum. Muitos autores utilizam esses termos como sinônimos, apesar de possuírem significados bem distintos. Para tanto, deve-se entender um pouco mais sobre como essas concepções surgiram.

As pesquisas sobre concepções de estudantes tiveram início na área de ensino de Ciências durante a década de 1970, difundindo-se fortemente no Brasil no início da década seguinte. Inicialmente, tais concepções eram denominadas “pré-concepções” ou concepções “espontâneas” ou “intuitivas”, entendidas como “ideias intuitivas relativamente estáveis, parcialmente consistentes, úteis para a interpretação dos fenômenos cotidianos e que constituem o ‘conhecimento do senso comum’ ” (ARRUDA; VILLANI, 1994, p. 88). Na visão desses autores, as concepções que os estudantes trazem para a sala de aula, no momento em que vão aprender/construir novos conhecimentos, estão intimamente relacionadas com o senso-comum. É uma perspectiva pessoal baseada na percepção e em aspectos sensoriais, mediante a qual o aluno tenta explicar os fenômenos do dia-a-dia.

Para Pozo e Crespo (2009), os conhecimentos que os indivíduos adquirem/constróem cotidianamente constituem-se em preconcepções que “estariam representadas de modo explícito na memória permanente do indivíduo, na forma de um

conjunto de regras ou regularidades a partir das quais esses modelos mentais situacionais (concepções alternativas) seriam constituídos” (POZO; CRESPO, 1998, p. 98). Com isso, percebe-se que uma das principais características das concepções alternativas é sua resistência a mudanças uma vez que estão bastante enraizadas na estrutura cognitiva do sujeito.

Deve-se considerar que os termos originalmente mais difundidos nesse campo de pesquisa – espontâneo ou intuitivo – sugeriam não se tratar de concepções elaboradas na interação social e cotidiana dos estudantes (incluem-se as interações escolares); sinalizavam para concepções adquiridas de maneira fortuita acidental ou ocasional. Por essa razão, foram praticamente abandonados desde a década de 1990, sendo substituídos por denominações como concepções “alternativas” ou “prévias”. O termo alternativo é utilizado para sugerir outra possibilidade de formulação de determinado conhecimento distinta da formulação científica, uma alternativa ao conhecimento científico. O termo prévio é utilizado para indicar o conjunto de conhecimentos que o indivíduo possui no momento de iniciar qualquer novo processo de construção de conhecimentos.

Em outro sentido, as concepções alternativas corresponderiam “aos traços representacionais dos modelos mentais [...], representações instáveis, ativadas na memória de trabalho” (POZO; CRESPO, 2009, p. 97). Portanto, as concepções alternativas referem-se ao processamento de novas ideias, guiado por princípios e regras pré-estabelecidas pelo sujeito. Ou seja, um modo mais adequado para indicar todo o conhecimento do indivíduo que difere do conhecimento científico vigente em cada época.

Cabe ressaltar que há na comunidade científica uma compreensão mais frequente de que as concepções prévias ou alternativas são concepções erradas ou equivocadas, devendo ser abandonadas ou descartadas pelo indivíduo, uma vez que frequentemente não condizem com o formalismo científico. Todavia, são constructos os quais têm alguma raiz social no indivíduo, sendo fruto de relações e experiências sociais e, portanto, guardam forte relação com a história de vida de cada indivíduo, razão pela qual são difíceis de serem simplesmente abandonadas. De acordo com Velozo (2010, p. 4):

Concepções Alternativas [...] não coincidem com as aceitas pela comunidade científica, mas fazem sentidos e são úteis para aqueles que as possuem, na medida em que são adequadas à realização/resolução das suas tarefas de cidadão comum.

Além disso, e como aprofundaremos à frente, há uma questão de valoração e empoderamento ao se valorizar as concepções científicas em detrimento das concepções

alternativas. Difunde-se a noção de que as primeiras são superiores às segundas, ou que o conhecimento científico é absoluto e superior a outras formas de conhecimento humano, inclusive o conhecimento dito popular ou de senso comum.

Por ora, faremos a opção por utilizar a denominação concepções alternativas ou concepções prévias, nesse segundo caso entendendo todas as concepções trazidas pelo estudante (alternativas ou não) no momento da aprendizagem de um novo conceito ou estudo de um determinado fenômeno.

A seguir, indagaremos a natureza e a origem dessas concepções alternativas, procurando compreender porque são tão resistentes a qualquer mudança conceitual.

Origem das concepções alternativas

Pode-se afirmar que as concepções alternativas possuem três raízes: sensorial, cultural e escolar.

Toda vez que o aluno enfrenta uma nova situação ou depara-se com um fenômeno desconhecido, inicia-se uma tentativa de dar sentido/encontrar uma explicação para tal fenômeno. Muitas vezes, regras simplificadoras baseadas no sensorial e na percepção são utilizadas, reduzindo a complexidade do fenômeno. Um exemplo concreto é quando se está “com frio” e se enrola em um cobertor, por que ele “esquenta”. Com isso, uma raiz é a “sensorial”, já que essas concepções procedem da interação direta, palpável com o mundo.

Essas regras “funcionariam de modo mecânico ou inconsciente, teriam uma natureza implícita e coincidiriam basicamente com as leis da aprendizagem associativa” (POZO; CRESPO, 2009). Além disso, essa faceta do conhecimento é algo que o aluno sabe fazer, mas dificilmente dizer, verbalizar.

Outra raiz é a origem social. Como cada sujeito está inserido num ambiente, quando o aluno chega na sala de aula ele traz consigo uma série de crenças socialmente induzidas sobre diversos fatos e fenômenos. Ao tornar-se um conhecimento social, esses conceitos se adaptam às regras simplificadoras.

Por fim, está a origem escolar. Com frequência os conceitos considerados “errados” sob o ponto de vista formal provêm de erros conceituais presentes nos livros didáticos e, principalmente, de uma conduta inadequada na apresentação dos saberes científicos por parte de muitos professores. Sem levar em consideração aquilo que o aluno já sabe sobre o assunto que será estudado, ou seja, seus conhecimentos prévios, o professor apresenta as explicações científicas de modo descontextualizado, que se

misturam aos conhecimentos prévios dos alunos, sem haver a reflexão sobre as diferentes formas explicativas do fenômeno em estudo

Uma consequência disso é a incompreensão do próprio discurso científico, que se mistura e se confunde com os conhecimentos social e sensorial, ocasionando a construção pelo aluno de novos conhecimentos, na maior parte das vezes equivocados ou alternativos.

Pozo e Crespo (2009, p. 94-95) resumem:

[...] por diferentes vias – sensorial, cultural e escolar – os alunos vão adquirindo uma forte bagagem de concepções alternativas firmemente enraizadas – nos sentidos, na linguagem e na cultura, nas tarefas escolares – que, apesar do seu caráter diferente –espontâneo, social ou escolar-, interagem e se misturam, dando lugar a uma *ciência intuitiva* que é tão difícil de modificar nas salas de aula de ciências.

Modelos de desenvolvimento conceitual

Assumindo-se as concepções prévias ou alternativas e suas diferenças em relação ao conhecimento científico passa-se a outro questionamento: de que maneira essas concepções devem ser trabalhadas durante o ensino? A questão básica reside em como lidar com essas concepções durante o processo de aquisição de conhecimento por parte dos estudantes, individual ou coletivamente.

Para alguns autores, esse processo se dá pelo abandono das concepções prévias/alternativas, que serão substituídas, na mente do aluno, pelo conhecimento cientificamente aceito. Para tanto, ao longo da história da pesquisa em Ensino de Ciências aparecem diversos modelos que discutiram essa problemática. Este texto dará destaque para três principais modelos: o de Mudança Conceitual; o de Evolução Conceitual e o de Perfil Conceitual.

O Modelo de Mudança Conceitual ainda é o mais difundido no campo do Ensino de Ciências. Ele considera que devemos adquirir os conhecimentos (científicos) novos, baseando-nos nos conhecimentos prévios, geralmente por intermédio de conflitos cognitivos ou situações-problema que colocam em xeque as concepções alternativas. Porém, uma vez aprendido o conhecimento científico, que neste modelo é considerado superior a qualquer outra forma de conhecimento, as concepções prévias devem ser abandonadas pelo aprendiz. Essa hierarquização do conhecimento é bem nítida, afinal as concepções prévias são consideradas geralmente errôneas ou incompletas e, portanto, descartáveis uma vez que o indivíduo venha a adquirir o conhecimento científico.

Segundo Arruda (1994), fazendo uma interpretação dessa situação à luz da teoria kuhniana, o desenvolvimento científico era interpretado como uma alternância entre um período denominado de ciência normal, onde as pesquisas são determinadas por uma só teoria ou paradigma, e o período revolucionário, onde o paradigma vigente é substituído por outro. A revolução científica para Kuhn se inicia com uma anomalia, quando um paradigma não é mais suficiente para a resolução dos problemas apresentados, portanto há uma substituição de paradigma, esquecendo-se o paradigma antigo. No modelo de mudança conceitual, proposto inicialmente por Posner e colaboradores (1982), o processo é considerado análogo ao da revolução científica de Kuhn. Segundo Posner e colaboradores (1982, p. 89):

[...] às vezes os estudantes estão usando os conceitos existentes para tratar com os fenômenos novos quando os conceitos existentes são inadequados para permiti-los compreender com sucesso um novo fenômeno o que leva a substituir ou reorganizar seus conceitos centrais

Para o Modelo de Mudança Conceitual (MMC), o aprendizado é uma constante mutação de conceitos, fazendo com que as concepções prévias sejam descartadas no final da aprendizagem, considerando somente o conhecimento aceito pela comunidade científica.

A simplicidade do modelo, que parecia uma vantagem, acabou sendo alvo de críticas de muitos cientistas que não concordaram com este modelo, pois consideraram que o processo de aprendizagem não pode ser limitado a um modelo tão simplista. Os próprios autores, Posner e Strike, chegam a criticar a simplicidade do MMC. Admitem a necessidade de criar um método mais elaborado para resolver problemas do que o modelo vigente, de modo a serem consideradas outras variáveis no processo de mudança conceitual, por exemplo a não linearidade do processo de aprendizado, o qual tem evoluções e regressões constantes, sendo algo mais complexo do que o MMC propõe, além de que “sua aplicação à aprendizagem escolar impede de levar em conta a possibilidade de relações não conflitivas entre as concepções novas e antigas, apesar de suas diferenças” (ARRUDA; VILLANI, 1994, p. 92).

Outro modelo de desenvolvimento conceitual foi proposto em 1995 por Eduardo Fleury Mortimer e colaboradores, para tentar explicar uma convivência de diferentes conceitos em um mesmo indivíduo, partindo do perfil epistemológico de Bachelard. Esse modelo foi denominado de Perfil Conceitual.

A ideia central é de que “A construção de uma nova ideia científica deveria explicar as velhas concepções, mas não suprimi-las ou diminuir o seu status para o estudante” (MORTIMER, 2000, p. 26). Uma vez que o indivíduo tem contato com o conhecimento científico, o mesmo utiliza suas ideias prévias para construir um conceito científico formal. Porém, depois de aprendida a formulação científica, o estudante não deve abandonar suas concepções antigas, uma vez que estas poderão ser úteis em outro contexto social.

Segundo Mortimer, diferentes formas de ver o mundo podem ser encontradas numa mesma pessoa, as quais servem para a explicação das situações por ela observadas ou enfrentadas, dependendo do contexto que o indivíduo está inserido. Para uma formação completa é importante que o estudante tenha diferentes conceitos sobre um fenômeno, pois “uma única doutrina filosófica não é suficiente para descrever todas as diferentes formas de pensar quando se tenta expor e explicar um simples conceito” (MORTIMER, 2000, p. 68). O desenvolvimento conceitual está intimamente ligado com a diversidade cultural e conceitual que um indivíduo pode ter, de modo que o mesmo deve discernir cada conceito quanto a sua aplicação em determinadas situações.

Para um desenvolvimento intelectual é preciso criar diferentes zonas de perfil conceitual. De acordo com Mortimer (2000, p. 73):

Cada zona é relacionada com uma perspectiva filosófica específica, baseada em compromissos epistemológicos distintos. Cada parte do perfil pode ser relacionada, portanto, com uma forma de pensar e com certo domínio ou contexto a que essa forma se aplica.

Segundo Mortimer (2000), baseando-se na teoria de Bachelard, temos componentes em termos de um perfil, que são: o *realismo ingênuo*, que é o próprio senso comum criado pelo estudante em sua infância ou outras situações sociais; o *empirismo*, que ultrapassa a realidade imediata através de instrumentos de medidas em experiências vividas, todavia ainda não se atém às relações racionais; o *racionalismo clássico*, em que os conceitos passam a fazer parte de relações racionais; o *racionalismo moderno*, em que as noções simples da ciência clássica passam a ser mais complexas, e partem de uma rede ampla de conhecimento; e ainda o *racionalismo contemporâneo*, que engloba os avanços recentes da ciência para a formação de um conceito completo.

Neste modelo de perfil conceitual há uma “hierarquia entre as diferentes zonas, pela qual cada zona sucessiva é caracterizada por conter categorias de análise com poder explanatório maior que as anteriores” (MORTIMER, 2000, p. 78), entretanto não se vê

uma hierarquização no sentido de relevância, sendo colocadas as concepções do senso comum, assim como todas as ideias prévias num mesmo nível do conhecimento científico, sem tratar o conceito científico como absoluto e superior, e os demais conhecimentos como erros furtivos.

O terceiro modelo de desenvolvimento conceitual que iremos aqui considerar é uma variante do Modelo de Mudança Conceitual. Trata-se do Modelo de Evolução Conceitual. Segundo Mortimer (1993), esse modelo difere dos modelos anteriores no sentido de que uma nova concepção deve substituir as ideias prévias e alternativas, mas não necessariamente alcançar como ponto final de aprendizagem a formulação científica. Há, todavia, uma evolução para um pensamento mais amplo e completo, onde as concepções prévias são enriquecidas para um pensamento mais próximo ao científico. Uma evolução no pensamento implica que ocorra uma mudança conceitual gradual nos estudantes, de maneira que eles construam uma representação melhor, nomenclaturas melhores e procedimentos explicativos melhores que possam explicar o mundo físico e social em que vivemos (HARRES *et. al.*, 2005).

A evolução para este pensamento mais sólido seria fruto de um amadurecimento, bem como de um desenvolvimento intelectual. Resumindo, seria um processo de aproximação contínua e sucessiva do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico, mas sem supor como aquisição final o conhecimento científico. Todavia, como no MMC, na evolução conceitual o conhecimento científico é colocado como valor supremo e absoluto em relação a outras formas de conhecimento.

Um outro olhar sobre os modelos de desenvolvimento conceitual

Aprender ciência é algo que tem que ser feito de maneira reflexiva, afinal “o aprendizado da ciência, e junto o ensino dela, tem como meta dar sentido ao mundo que nos rodeia e entender o sentido do conhecimento científico e sua evolução do conhecimento cotidiano para o conhecimento científico” (POZO; CRESPO, 2009, p. 118). Não se deve ensinar ciência de maneira mecânica e repetitiva, formando máquinas de resolução de exercícios ao invés de formar indivíduos que compreendam o mundo exterior e suas complicações.

A crise na educação é, também, consequência dos alunos não compreenderem esse sentido, “uma vez que o ensino da ciência geralmente é ineficaz para conseguir as profundas mudanças não apenas conceituais, mas também de atitudes e procedimentos” (POZO; CRESPO, 2009, p. 119).

Um olhar diferente sobre o modelo de desenvolvimento conceitual é proposto por Pozo e Crespo (2009), separando o processo em três partes: a primeira é a hipótese da compatibilidade ou da acumulação dos saberes, seguida da hipótese da incompatibilidade ou da mudança conceitual; depois temos a hipótese da independência; e por fim a hipótese da integração hierárquica, para chegar ao objetivo que seria a construção do conhecimento científico.

A primeira hipótese parte da premissa que os processos e os produtos do conhecimento cotidiano e científico são provenientes de uma mesma natureza, que as pessoas comuns e os cientistas pensam essencialmente igual quando enfrentam um problema. É clara a diferença entre produtos oriundos do conhecimento científico e cotidiano, porém essas diferenças não teriam tanto uma origem intelectual ou cognitiva, mas social e cultural. A ciência nesta hipótese é tratada como uma acumulação de saberes que passa a ocorrer em contextos culturais pelos quais o cientista passou e o aluno não. Assim, a mudança conceitual não é necessária, uma vez que aprender ciência seria sobretudo um processo de acumulação de saberes e experiências, e não um processo de reorganizar ou reformatar a mente dos alunos mediante processos de mudança conceitual.

A segunda hipótese citada, a da incompatibilidade, afirma que as cabeças de um cientista e de um aluno funcionam em formatos incompatíveis, contrariando a hipótese anterior, utilizando ferramentas cognitivas e “linguagem diferentes, ou, inclusive, utilizando a terminologia de Kuhn (1962), que são incomensuráveis, não podem reproduzir nem traduzir uma a outra” (POZO; CRESPO, 2009, p. 124). Em outras palavras, para os alunos atingirem um aprendizado satisfatório é necessário que o mesmo mude drasticamente a forma de pensar e interpretar as coisas, abandonando todo o aparato anteriormente utilizado para o entendimento das coisas.

Para que isso aconteça, segundo Pozo e Crespo (2009), é necessário que o aluno esteja insatisfeito com suas concepções alternativas, assim como dispor de uma nova concepção inteligível, e que esta lhe pareça plausível e mais frutífera ou produtiva que a concepção alternativa original.

A terceira hipótese, da independência, sugere que o aluno, durante o processo de aprendizado, não abandone suas concepções alternativas, mas sim apreenda o conhecimento científico paralelamente, obtendo diferentes concepções para tratar o mesmo assunto, utilizando todas dependendo do contexto social em que estiver inserido. A ideia é de que o modelo de mudança conceitual seja mais sutil e complexo, tornando-se menos radical com respeito ao conhecimento prévio dos estudantes, “dando lugar a

uma coexistência de sistemas alternativos de conhecimento no mesmo sujeito” (POZO; CRESPO, 2009, p. 127). A formulação desta terceira hipótese é muito próxima ao modelo de perfil conceitual.

Por fim a hipótese da integração, também denominada de hipótese dos diferentes níveis de representação e conhecimento, defende uma postura mais clássica de mudança conceitual, afirmando que novas teorias somente serão absorvidas e apreendidas se houver uma diferenciação com a teoria anteriormente em vigência. Desse modo, é necessário que o aluno “construa novas estruturas conceituais nesse domínio, que reescreva suas interpretações dentro de estruturas mais complexas” (POZO; CRESPO, 2009, p. 129), e só assim será possível aprender novas teorias. Se não ocorrer isto “os conceitos da nova teoria serão incorporados à velha árvore de conhecimentos”, misturando conceitos de diferentes zonas hierárquicas, gerando um sistema conceitual híbrido e indiferenciado.

Referências

- ARRUDA, S. M.; VILLANI, A. Mudança conceitual no ensino de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 11, n. 2, p. 88-99, 1994.
- BORGES, B.; MORAES R. *Educação em ciências nas séries iniciais*. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.
- DRIVER, Rosalind *et. al.* Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Research*, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, n. 9, p. 31-39, 1999.
- HARRES, J. B. S. Uma revisão das pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.
- MATTHEUS, M. Construtivismo e o ensino de ciências: uma avaliação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 17, n. 3, p. 270-294, 2000.
- MOREIRA, M.A. *Ensino e Aprendizagem: enfoques teóricos*. 2 ed. São Paulo: Editora Moraes, 1985.
- MORTIMER, E. Conceptual evolution as epistemological profile's change. In: *III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educativas en Ciencias y Matemática*, Cornell University, 1 al 4 de agosto, 1993.
- MORTIMER, E. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: EdUFMG, 2000.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

POZO, J.; CRESPO, M. *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

QUEIROZ, G.R.; BARBOSA-LIMA, M.C. Conhecimento científico, seu ensino e aprendizagem: atualidade do construtivismo. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 13, n. 3, p. 273-291, 2007.

VELOSO, Maria Sônia Silva de Oliveira *et. al.* Perspectivas atuais do ensino de ciências e matemática (concepções alternativas). In: *Congresso Internacional de Educação*, Ponta Grossa, p. 1-11, 2010.