

Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico

Vanessa Daiana Pedrancini¹, Maria Júlia Corazza-Nunes², Maria Terezinha Bellanda Galuch³, Ana Lúcia Olivo Rosas Moreira⁴ e Alessandra Cláudia Ribeiro⁵

¹Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, Brasil. Acadêmica do Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática. E-mail: vapedrancini@yahoo.com.br

²UEM. Núcleo de Pesquisa em Biotecnologia Aplicada/NBA. Departamento de Biologia. E-mail: mjcnunes@uem.br

³UEM. Departamento de Teoria e Prática da Educação. E-mail: galuch@brturbo.com

⁴UEM. Departamento de Biologia. E-mail: alormoreira@uem.br

⁵UEM. Acadêmica do Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática. E-mail: aleeribeiro@hotmail.com

Resumo: O presente estudo teve como objetivo investigar o que os alunos do 3º ano do ensino médio sabem sobre os conceitos e fenômenos biológicos e o que pensam sobre os organismos transgênicos. Os dados para a análise foram obtidos por meio de entrevistas realizadas com estudantes de escolas estaduais e particulares da região Noroeste do Estado do Paraná, Brasil. A análise qualitativa dos dados permitiu identificar muitas idéias alternativas e definições, muitas vezes, equivocadas em relação aos seres vivos, células, composição química e função do material genético. Os posicionamentos sobre transgênicos revelaram tratar-se de concepções intuitivas, grandemente influenciadas pela mídia, porém, na maioria das vezes, desprovidas do saber científico vivenciado no ambiente escolar. Refletimos que o modo como o ensino é organizado e desenvolvido, freqüentemente, pouco contribui para que o aluno desenvolva uma compreensão que se difere daquela adquirida em situações não escolares.

Palavras-chave: Conceitos prévios, conhecimento científico, Transgênicos.

Title: Teaching and learning of biology in higher secondary education and the scientific and biotechnology knowledge appropriation

Abstract: Current research investigates knowledge that high school students have on the biological concepts and phenomena and their opinion on the transgenics. Interviews were conducted with high school students in government and private schools in the northwestern region of the state of Paraná, Brazil. Quality data analysis showed a lot of alternative concepts and mistaken definitions about living beings, cells, chemical composition and function of the DNA. The students' opinions about transgenics revealed intuitive conceptions, greatly influenced by the social media, albeit, frequently, without the scientific knowledge that was learned in the classroom. We reflected that the teaching and development of biological

studies contribute only slightly towards a different concept from that acquired in extra school situations.

Keywords: Previous conceptions, scientific knowledge, transgenics.

Introdução

A ciência e a tecnologia se fazem presentes em todos os setores da vida contemporânea e estão causando profundas transformações econômicas, sociais e culturais. Neste cenário, a Biologia vem ocupando uma posição de destaque sem precedentes na história da ciência. A torrente de informações advindas das recentes descobertas científicas, principalmente nas áreas da Biologia Molecular e Genética, tem se expandido progressivamente do meio acadêmico ao público em geral por meio de revistas especializadas e dos meios de comunicação de massa. Temas polêmicos relacionados à pesquisa genômica, clonagem de órgãos e organismos, emprego de células-tronco e, especialmente, à produção e utilização de organismos transgênicos passam a ser discutidos dentro e fora da escola. As pessoas são convocadas a refletir e a opinar sobre os benefícios, riscos e implicações éticas, morais e sociais provenientes das biotecnologias geradas dessas pesquisas.

Ao analisar esse momento histórico, Behrens (2003, p.17) ressalta que “um dos grandes méritos deste século é o fato de os homens terem despertado para a consciência da importância da educação como necessidade preeminente para viver em plenitude como pessoa e como cidadão na sociedade”.

Todavia, verifica-se que nem sempre o ensino promovido no ambiente escolar tem permitido que o estudante se aproprie dos conhecimentos científicos de modo a compreendê-los, questioná-los e utilizá-los como instrumento do pensamento que extrapolam situações de ensino e aprendizagem eminentemente escolares. Grande parte do saber científico transmitido na escola é rapidamente esquecida, prevalecendo idéias alternativas ou de senso comum bastante estáveis e resistentes, identificadas, até mesmo, entre estudantes universitários (Mortimer, 1996).

Tomando como referência o ensino de Biologia, pesquisas sobre a formação de conceitos têm demonstrado que estudantes da etapa final da educação básica apresentam dificuldades na construção do pensamento biológico, mantendo idéias alternativas em relação aos conteúdos básicos desta disciplina, tratados em diferentes níveis de complexidade no ensino fundamental e médio. Estas pesquisas revelam, por exemplo, que a maioria dos estudantes destes níveis de ensino apresenta uma idéia sincrética, portanto, pouco definida sobre célula, confundindo este conceito com os de átomo, molécula e tecido (Bastos, 1992; Caballer e Giménez, 1993; Giordan e Vecchi, 1996). Para muitos, a relação entre seres vivos e células existe apenas nos seres humanos (Silveira, 2003). Verifica-se também que, embora algumas vezes, termos de forte conotação científica como cromossomos, genes, alelos, dominância, recessividade, sejam empregados pelos estudantes, suas respostas deixam claro que não há a compreensão dos processos de divisão celular, localização, estrutura e função do material genético e sua relação com a transmissão de caracteres hereditários (Caballer e Giménez, 1993; Banet e Ayuso, 1995, 1998).

Diante dessa realidade, parece evidente que o modo como o ensino é organizado e conduzido está sendo pouco eficaz em promover o desenvolvimento conceitual. Um exemplo das implicações do ensino promovido dessa forma é a incompreensão ou compreensão equivocada dos atuais avanços biotecnológicos, tais como: a transgenia, o mapeamento e seqüenciamento de genomas, clonagem de organismos, células-tronco, entre outros. Segundo Leite (2000), a população, em geral, encontra-se cientificamente despreparada para participar, de modo crítico e democrático, em debates sobre os avanços biotecnológicos. Sobre esta questão, o autor salienta que:

(...) é mínima a condição do público brasileiro participar, de maneira informada e democrática, de um debate como o dos alimentos transgênicos, ou das implicações da pesquisa genômica (...) esse estado de coisas cria uma obrigação para todos os autores do processo, fornecer informação compreensível, qualificada e contextualizada sobre as biotecnologias, da engenharia genética à transgenia, da genômica à eugenia (Leite, 2000, p.45).

Nesse contexto, cabe, principalmente, à escola abordar a Ciência de forma sistêmica, transdisciplinar e contextualizada, promovendo, conseqüentemente, uma educação que possibilite aos cidadãos a apropriação de conhecimentos com base nos quais possam tomar decisões conscientes e esclarecidas. "Conhecer não é apenas reter temporariamente uma multidão de noções anedóticas ou enciclopédicas (...). Saber significa, primeiro, ser capaz de utilizar o que se aprendeu, mobilizá-lo para resolver um problema ou aclarar uma situação" (Giordan e Vecchi, 1996, p.11).

Foram questões como as aqui apresentadas que instigaram a realização da presente pesquisa, cujo objetivo foi investigar o que os alunos do 3º ano do ensino médio sabem sobre os conceitos e fenômenos biológicos e o que pensam sobre transgênicos, refletindo sobre o processo de ensino e aprendizagem no ensino de Biologia.

Procedimentos metodológicos

Para a obtenção dos dados, primeiramente, foram realizadas entrevistas individuais com 19 alunos do 3º ano do ensino médio de escolas estaduais e particulares de dois municípios da região Noroeste do Paraná, com a finalidade de analisar a formação de conceitos básicos em Biologia. O roteiro utilizado nas entrevistas foi elaborado por etapas através de testes-piloto e abordava questões variadas acerca das características gerais dos seres vivos, células, composição química e função do material genético (DNA) e relação entre DNA, cromossomos e genes.

Posteriormente, para verificar a atualização dos alunos em relação as recentes biotecnologias, 33 alunos, finalizando o 3º ano do ensino médio em escolas públicas e privadas de dois municípios da região Noroeste do Paraná, foram entrevistados. Durante a elaboração das questões para essa entrevista também foram realizados testes-piloto.

Após as entrevistas efetuou-se análise qualitativa dos dados.

Análise dos dados

Os dados obtidos das entrevistas revelam que, apesar de os alunos terem estudado os conceitos básicos referentes à estrutura e fisiologia dos seres vivos nos seus vários níveis de organização, ainda apresentam idéias espontâneas, algumas vezes, destituídas de significados sobre estes conteúdos. Refletimos que, talvez, isso se deva ao fato de que o ensino não lhes tenha propiciado as atividades necessárias para que o desenvolvimento dos conceitos científicos pudesse ultrapassar os conceitos espontâneos, nos termos apontados por Vygotsky (1991, p. 91).

Para alguns estudantes "a vida" é o fator que caracteriza o ser vivo. Eis a fala que representa essa idéia:

"Ser vivo tem vida e o ser não vivo não tem vida".

A dificuldade dos alunos em definir o que é vida é bastante compreensível, uma vez que esse conceito é complexo e filosófico. Como ressalta Murphy e O'Neill (1997):

As coisas que chamamos "vivas" possuem características e capacidades excessivamente heterogêneas para permitir que essa única definição nos dê a noção da variedade contida no termo. Entretanto, é precisamente essa abundância, variedade e complexidade que são uma das características essenciais da vida (Murphy e O'Neill, 1997, p. 17-18).

Outros estudantes consideraram apenas o homem em suas respostas.

"A gente tem ação, saúde".

Sobre este aspecto, Barrabín e Sanchez (1996) argumentam que muitas representações proporcionadas por diversos meios de comunicação oferecem uma idéia antropocêntrica da vida, e isto resulta em um obstáculo na aquisição de alguns conhecimentos de biologia. Esses autores consideram também que as interpretações antropomórficas emitidas pelos estudantes derivam, muitas vezes, do estabelecimento de analogias com o conhecimento ou funcionamento do próprio corpo.

Para a maioria dos demais entrevistados ser vivo pode ser definido por critérios comportamentais observáveis como, por exemplo, "apresenta movimento", "tem que respirar" ou ainda "nasce, cresce e morre, tem um ciclo".

Critérios fisiológicos mais complexos, relacionados à obtenção de energia, metabolismo e reação a estímulos, foram ressaltados por dois alunos, os quais disseram:

"As características de excitabilidade, metabolismo".

"Ser vivo respira, troca gases com o meio ambiente, pois precisa de energia, digere alimentos...".

Quando estimulados a explicar a relação entre a respiração e a produção de energia estes alunos emitiram conceitos espontâneos e de senso comum relacionados à respiração e às trocas gasosas que ocorrem nos pulmões. De acordo com Bastos (1992), é bastante comum estudantes do ensino médio não associarem a respiração aos processos biológicos que ocorrem em nível celular.

Aproximadamente 21% dos entrevistados consideraram que "ser vivo é constituído de células ou órgãos". Nos estudos realizados por Banet e Ayuso (1995), estudantes do mesmo nível de ensino consideraram a presença de células apenas no homem, entendendo que pequenos invertebrados e plantas não apresentam estrutura celular.

O estudo da célula é um dos conteúdos mais ressaltados nas grades curriculares do ensino fundamental e médio. No entanto, a complexidade deste conceito aliada à forma como o ensino é organizado, potencializando a fragmentação dos conteúdos, dificulta a aprendizagem da estrutura e fisiologia celular como uma das características básicas dos seres vivos. Com relação ao desenvolvimento do pensamento conceitual, vale destacar a idéia de Vygotsky (1991), segundo a qual...

A presença de um problema que exige a formação de conceitos não pode, por si só, ser considerada a causa do processo, muito embora as tarefas com que o jovem se depara ao ingressar no mundo cultural, profissional e cívico dos adultos sejam, sem dúvida, um fator para o surgimento do pensamento conceitual. Se o meio ambiente não apresenta nenhuma dessas tarefas ao adolescente, não lhe faz novas exigências e não estimula o seu intelecto, proporcionando uma série de novos objetos, o seu raciocínio não conseguirá atingir os estágios mais elevados, ou só os alcançará com grande atraso (Vygotsky, 1991, p. 50).

Quando questionados "como é constituída uma célula" 21% dos alunos comentaram aparentemente sem dificuldades que "a célula é constituída de uma membrana, citoplasma, onde ficam os ribossomos, a água, e o núcleo que tem o DNA, que eu acho o mais importante realmente...". Todavia, tais respostas não são suficientes para indicar que o aluno se apropriou do conceito de modo a conseguir generalizá-lo para outras situações.

Como observado em outros estudos (Bastos, 1992; Caballer e Giménez, 1993; Giordan e Vecchi, 1996), alguns dos alunos, por nós entrevistados, confundiram célula com o conceito de átomo, molécula ou tecido. Isso nos leva a refletir sobre a importância de o professor, além do conhecimento específico, ter domínio sobre os processos psicológicos envolvidos na aprendizagem conceitual. É necessário que o professor tenha uma formação que lhe possibilite compreender que:

A formação dos conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à inferência ou às tendências determinantes. Todas são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como o meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução do problema que enfrentamos (Vygotsky, 1991, p.50).

Quando o sujeito se apropria de uma palavra, não significa que se apropriou do conceito que esta palavra expressa, ele pode utilizar o mesmo termo, por exemplo, material genético, porém, com significados diferentes. Por isso, um ensino centrado em definições, muitas vezes, pode resultar

numa pseudo-aprendizagem, uma vez que o aluno se apropriou da palavra, mas não necessariamente do conceito.

Na nossa pesquisa, termos como DNA, código genético, cromossomos e genes eram utilizados pelos alunos com muita naturalidade, uma vez que fazem parte tanto do conteúdo escolar como, também, das constantes reportagens veiculadas pela mídia sobre os avanços biotecnológicos. A maioria considerou que a função do DNA é determinar ou conter a informação genética das "pessoas", revelando, aqui também, a concepção antropocêntrica da vida.

"DNA é o código genético". "Cada pessoa tem um DNA, ninguém é igual a ninguém".

"DNA é a nossa identidade, onde fica constituída as nossas características".

Para outros alunos o DNA é "o tipo de sangue" ou "as características das pessoas".

Aproximadamente 30% dos entrevistados disseram não recordar a composição química e estrutura da molécula do DNA. Alguns dos que tentaram responder consideraram que o DNA é constituído por "uma filinha de letrinhas"; "por trinca de bases ou quatro aminoácidos" ou "pela adenina, timina, um outro que começa com U e um negocinho que era um pentágono". Outros detiveram maiores detalhes na memória:

"O DNA é formado por aquela pentose, aqueles carbonos e as bases nitrogenadas que são adenina, guanina, citosina e timina".

As explicações dos alunos corroboram as idéias de Vigotski (2001), segundo as quais os conceitos científicos não se estabelecem no aluno tão logo se apropria da palavra. Isso pode ser percebido nas explicações sobre a localização do DNA, onde nem todos conceberam que esta molécula se encontra no núcleo das células, e apenas um estudante considerou sua presença nas mitocôndrias, porém, nenhum nos cloroplastos. Alternativamente, de acordo com algumas respostas, o DNA encontra-se presente no "plasma do sangue" ou "no sangue e no fio de cabelo". Estas idéias revelam influências de antigas concepções de que a hereditariedade era transmitida pelo sangue, ou, mais provavelmente, das divulgações da mídia sobre os atuais testes de paternidade e exames criminalísticos baseados na análise de DNA extraído do sangue, fio de cabelo, pele ou outros tecidos dos indivíduos envolvidos.

Daqueles estudantes que consideraram a presença do DNA no núcleo das células, somente alguns reconheceram esta molécula como o principal constituinte dos cromossomos, enquanto que para outros "o cromossomo é uma célula" e "o gene é constituído de cromossomos". Estas concepções podem indicar que o aluno apropriou-se da palavra e não, necessariamente, do conceito, apresentando um entendimento ainda não elaborado.

No entanto, alguns desses alunos, ao serem instigados a associar o conceito de gene ao DNA, ponderaram suas respostas, reelaborando o conceito:

"As características estão contidas no gene e o DNA é a junção de genes".

“Os genes têm a função de definir as características das pessoas”.

Constatou-se, através destes depoimentos, que os estudantes constroem explicações próprias para os fenômenos biológicos durante o processo de ensino e aprendizagem. Muitas vezes, porém, a falta de conexões entre conceitos ou o estabelecimento de conexões incorretas tornam estas explicações incompletas ou, até mesmo, inconsistentes com os princípios que se quer ensinar. Esse fato se deve, em parte, à carência de conexões explícitas entre os temas e disciplinas, entre as unidades distintas estabelecidas nos livros didáticos e ao ensino centrado somente na repetição ou no emprego mecânico de conceitos (Oca, 1995; Campanário e Moya, 1999).

Os principais motivos que dificulta a aprendizagem significativa de conceitos e processos biológicos residem no ensino fragmentado e conservador, a reboco da ciência do século XIX, restringindo o aluno a cumprir tarefas repetitivas, sem sentido ou significado, valorizando somente a reprodução do conhecimento e, conseqüentemente formando apenas repetidores.

Sobre essa questão Behrens (2003) observa:

O século XX manteve a tendência do século XIX, fortemente influenciado pelo método cartesiano, que separa mente e matéria e propõe a divisão do conhecimento em campos especializados, em busca da maior eficácia. Este pensamento levou a comunidade científica a uma mentalidade reducionista, contaminando o homem com uma visão fragmentada não somente da verdade, mas de si mesmo, dos seus valores e dos seus sentimentos (Behrens, 2003, p. 17-18).

Estudiosos e pesquisadores da educação que almejam mudanças nesse sistema têm destacado a importância da interação professor-aluno no processo de ensino e aprendizagem. Como afirma Vigotski (2001, p. 539) “sob orientação do pedagogo tornam-se possíveis operações que são impossíveis na solução relativamente autônoma da criança”. Neste mesmo contexto, Candela (1998, p. 162) salienta que na interação discursiva, envolvendo o conceito, gradativamente se constrói “um contexto argumentativo, que dialeticamente propicia a elaboração de novas aproximações ao significado”.

Bastos (1992) também aponta algumas sugestões que podem ocasionar mudanças nesse cenário educacional, dentre estas o autor propõe a mediação da história da Ciência, porque possibilita que os alunos tenham acesso aos motivos, necessidades, hipóteses e evidências que direcionam as pesquisas e descobertas científicas e biotecnológicas.

Outra questão a ser considerada nas explicações dos estudantes é que, muitas vezes, torna-se difícil perceber até que ponto está ocorrendo a aprendizagem dos conceitos e fenômenos biológicos.

Ao analisar as idéias alternativas de estudantes, Giordan e Vecchi (1996) consideram duas alternativas: o estudante entendeu, mas a transmissão de seu saber baseia-se num referencial simplista de modo a não mais representar a mensagem que lhe foi ensinada; ou, por outro lado, o aluno pode construir uma explicação um tanto que equivocada a partir de

palavras ou conceitos que ouviu e gravá-la em sua memória. Um dos graves problemas detectados na aprendizagem de conceitos e fenômenos científicos, ressaltados por Oca (1995), Campanário e Moya (1999), é que em muitos casos os alunos não têm consciência de suas inconsistências e, em outros, não se preocupam em serem consistentes.

Oca (1995) destaca também que uma das estratégias úteis para analisar as dificuldades conceituais consiste em solicitar que os alunos representem os conceitos em situações diferentes e de distintas complexidades. Semelhantemente, para Pelizzari et al. (2002), uma das condições primordiais para possibilitar a aprendizagem significativa do conteúdo escolar é a sua transposição para contextos potencialmente significativos.

A apropriação de conceitos como DNA, cromossomo e gene são fundamentais para a compreensão de questões, muitas vezes, polêmicas presentes no dia-a-dia das pessoas. Falar sobre elas, emitir opiniões exige o conhecimento dos conceitos que as envolvem. Quando o conteúdo escolar não consegue ultrapassar a sala de aula nos deparamos com sujeitos "escolarizados", cujo conhecimento não lhe permite analisar fenômenos científicos, além do imediato. Este fato pode ser observado nas concepções e opiniões dos estudantes em relação aos organismos transgênicos.

Embora todos tenham afirmado ouvir falar a respeito do assunto "na TV", "na Veja", "no jornal", "na escola", "no trabalho" ou "em casa", seus depoimentos revelaram tratar-se de concepções espontâneas e de senso comum, grandemente influenciadas pelas notícias veiculadas pela mídia.

A preposição "organismo, animal, planta ou alimento geneticamente modificado" foi bastante utilizada nas respostas dos alunos. No entanto, ao serem estimulados a explicar o que entendiam pelo conceito, muitos emitiram idéias evasivas ou alternativas como, por exemplo, "alimento transgênico é a mesma coisa que o alimento comum, só que é modificado" ou "é um certo tipo de aplicação de algum material quando vai fazer o plantio".

Por outro lado, poucos alunos aproximaram-se do conceito científico empregando palavras de seu próprio vocabulário:

"Eu imagino que seja assim: faz de conta a ferrugem do café, eles procuram algum outro tipo de planta que é forte contra isso e vêem como é que essa planta faz pra ser forte contra esse tipo de doença, daí eles mexem nos genes, nas características e passa para essa planta que é fraca, a soja no caso".

A grande influência da mídia nas respostas dos alunos também foi verificada nas suas opiniões sobre as vantagens e as desvantagens dos transgênicos. Nas vantagens, foram destacadas a resistência a pragas e herbicidas, maior produtividade, maior lucro para o produtor, aumento do valor nutricional, entre outros.

"A planta transgênica é colhida mais rápida".

Em relação às desvantagens as mais citadas foram os malefícios à saúde e os impactos ao meio ambiente:

"Pode acontecer algum erro no laboratório e ocasionar uma doença ou aparecer novas doenças ou dar início a uma nova bactéria".

“Eu acho que provoca a desertificação do solo”.

Diante dessas concepções, os alunos posicionaram-se contra (27%), a favor (57%) ou sem opinião formada (18%) quanto a regulamentação dos transgênicos.

“Eu sou contra, porque não se sabe os malefícios que pode trazer futuramente”.

“Sou a favor, porque é melhor para a agricultura”.

“Eu fico meio termo, porque tem as vantagens e as desvantagens, então, pra mim, elas são balanceadas. Então, eu não sou nem contra nem a favor. Eu estou analisando ainda...”.

Considerações finais

Vivemos em uma época em que os conhecimentos crescem de uma maneira exponencial, tornando-se praticamente impossível para uma pessoa apropriar-se de toda a informação disponível. Em se tratando da biologia, os próprios docentes revelam sentir dificuldades em compreender, acompanhar e mediar a aprendizagem de conteúdos relacionados às últimas novidades científicas e biotecnológicas (Amorim, 1997).

Diante deste cenário, constantemente nos deparamos a refletir sobre o papel dos educadores e da própria educação nos dias atuais. Na concepção de Giordan e Vecchi (1998, p. 11), a escola não pode mais limitar-se à transmissão de um programa de conhecimentos enciclopédicos, temporariamente retidos pelos alunos, mas deve, em primeiro lugar, organizar e gerenciar o fluxo contínuo de conhecimentos para que esses possam ser mobilizados na resolução de problemas e entendimento de situações que fazem parte da realidade atual.

Sobre esta temática, Libâneo (2004, p.1) também considera que a escola continua sendo o lugar de mediação cultural, cabendo aos educadores “investigar como ajudar os alunos a se constituírem como sujeitos pensantes e críticos, capazes de pensar e lidar com os conceitos, argumentar em faces de dilema e problemas da vida prática”.

Torna-se imprescindível, portanto, capacitar os docentes a apropriar-se de referenciais teóricos e práticos não apenas referentes à sua área de atuação, mas, também, da psicologia da aprendizagem e do desenvolvimento, para que possam organizar o ensino de modo a promover a aprendizagem e o desenvolvimento das capacidades psíquicas dos alunos. Ultimamente, muitos cursos de formação inicial e continuada de professores têm buscado na Teoria Histórico-Cultural subsídios para o desenvolvimento de uma prática pedagógica inovadora capaz de promover a aprendizagem e o desenvolvimento do pensamento conceitual.

Referências bibliográficas

Amorim, A. C. R. (1997). O ensino de Biologia e as relações entre Ciência/Tecnologia/Sociedade: O que dizem os professores e o Currículo do ensino médio? Em: *Anais do VI Encontro “Perspectiva do Ensino de Biologia”* (pp. 74-77). São Paulo: Faculdade de Educação da USP.

Banet, E.; Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (2), 137-153.

Banet, E.; Ayuso, E. (1998). La herencia biológica en la educación secundaria: reflexiones sobre los programas y las estrategias de enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 16, 21-31.

Barrabín, J. De M.; Sánchez, R. G. (1996). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 53-63.

Bastos, F. (1992). O conceito de célula viva entre os alunos de segundo grau. *Em Aberto*, ano 11, 55, 63-69.

Behrens, M. A. (2003). *O paradigma emergente e a prática pedagógica*. 3. ed. Curitiba: Champagnat.

Caballer, M. J.; Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 63-68.

Campanario, J. M.; Moya, A. (1999). Cómo enseñar Ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.

Candela, A. (1998). A construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de ciências. Em: César Coll (Org.), *Ensino, Aprendizagem e discurso em sala de aula* (pp. 143-169). Porto Alegre: ArtMed.

Giordan, A.; Vecchi, G. de (1996). *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. 2 Ed. Porto Alegre: Artes Médicas.

Leite, B. (2000). Biotecnologias, clones e quimeras sob controle social: missão urgente para a divulgação científica. *São Paulo em Perspectiva*, 14(3), 40-46.

Libâneo, J. C. (2004). A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de vasili Davíдов. *Revista Brasileira de Educação*, número 27, set-dez, 5-24.

Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 20-39.

Murphy, M. P.; O'Neill, L. A. J. (Orgs.) (1997). *"O que é vida?" 50 anos depois: Especulações sobre o futuro da Biologia*. São Paulo: Fundação Editora da UNESP.

Oca, de I. C. M. (1995). Que aportes ofrece la investigación mas reciente sobre aprendizaje para fundamentar nuevas estrategias didácticas? *Revista Educación*, 19(1), 7-16.

Pelizzari, A. et al. (2002). Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. *Revista PEC*, 2(1), 37-42.

Silveira, R. V. M. da. (2003). *Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético?* Dissertação de mestrado. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

Vigotski, L. S. (2001). *Psicologia Pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes.

Vygotsky, L. S. (1991). *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.