

MULTIMODOS DE REPRESENTAÇÃO E TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: POSSÍVEIS INTERCONEXÕES NA CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE BIOTECNOLOGIA¹

Tânia Aparecida da Silva Klein*
Carlos Eduardo Laburú**

RESUMO: A partir do referencial teórico da Representação Multimodal de Conceitos e da Teoria da Aprendizagem Significativa, este artigo teve como objetivo identificar como o conceito de biotecnologia é construído por alunos do nível médio de ensino, quando utilizam imagens e representações verbais em sala de aula. Os dados foram obtidos durante o desenvolvimento de atividades teórico-práticas sobre o tema *transgênicos*. Foi possível categorizar diferentes níveis de significação conceitual em cada modo representacional, em distintos momentos das atividades. Os resultados apontam que a interação entre os diferentes níveis de significação estabelecidos está diretamente relacionada ao modo representacional utilizado, mas o modo verbal-oral permite que o estudante transite com maior facilidade entre os níveis de significação.

Palavras-chave: Biotecnologia, Multimodos de Representação, Níveis de Significação.

*Doutora em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Docente da Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Email: taniaklein@uel.br

**Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Associado do Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina (UEL).
Email: laburu@uel.br

MULTIMODAL REPRESENTATIONS AND THE THEORY OF MEANINGFUL LEARNING: POSSIBLE CONNECTIONS IN THE CONSTRUCTION OF THE BIOTECHNOLOGY CONCEPT

ABSTRACT: Through the theoretical frames of the Multimodal representations and the Theory of Meaningful Learning, this paper aims to identify how high school students, using images and verbal representations, build the biotechnology concept. The data were obtained during the development of theoretical and practical activities on the theme transgenics. It was possible to categorize different levels of signification in each mode of representation in distinct moments of using the data gathering instruments. As partial results this article shows that the interaction among the levels of signification given is directly linked to the representational mode, but the verbal-oral mode allows that the student operates more easily among the levels of signification.

Keywords: Biotechnology Multimodal Representations, Levels of Signification.

INTRODUÇÃO

Pesquisas atuais na área de ensino de ciências consideram que a construção de um conceito pode ser desenvolvida a partir da compreensão dos diversos modos utilizados para representá-lo. Nessa perspectiva, aprender métodos e conceitos científicos envolve a capacidade do aprendiz ligar e coordenar diferentes modos representacionais, como formas gráficas, verbais, matemáticas, cinestésicas, experimentais ou diagramáticas (GALAGOVSKY *et al.*, 2003; MÁRQUEZ *et al.*, 2003; PRAIN & WALDRIP, 2006; LEMKE, 2003).

Pressupondo que cada modo comunicativo (linguagem oral e escrita, gestos e linguagem visual) contribui de maneira especializada e cooperativa para dar significado e explicitar conceitos (MÁRQUEZ *et al.*, 2003), o uso de multimodos de representação apresenta uma direta relação com a aprendizagem significativa de conceitos. Como um episódio de ensino-aprendizagem se caracteriza pelo compartilhar significados entre aluno e professor a respeito de conhecimentos veiculados por materiais educativos do currículo, no qual há a busca da congruência de significados e, para que haja o intercâmbio e “negociação” de significados, a linguagem torna-se um instrumento básico e essencial (MOREIRA, 2003).

A partir dos princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa e dos pressupostos da Semiótica Multimodal, este artigo busca investigar como os alunos desenvolvem a habilidade de representar e explicar os conceitos de Biotecnologia e se são capazes de transladar ou ligar as diferentes representações utilizadas durante uma atividade proposta sobre o tema *transgênicos*. Dessa forma, o do presente artigo teve como objetivo central identificar como o conceito de biotecnologia é construído por alunos do nível médio de ensino, quando utilizam uma variedade de recursos instrucionais.

MULTIMODOS DE REPRESENTAÇÃO E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE CONCEITOS: IMPLICAÇÕES PARA A INVESTIGAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

“Múltiplos modos de representação” refere-se à prática de rerepresentar um mesmo conceito de várias maneiras ou em diferentes linguagens, sejam elas descritivas (verbal, gráfica, tabular, diagramática, fotográfica, por mapas ou cartas), experimentais e matemáticas, figurativas (pictórica, analógica e metafórica), gestuais ou corporais. Há um crescente reconhecimento de que a aprendizagem de conceitos e métodos científicos pode ser realçada quando associada à compreensão e à integração dessas diferentes formas de representação (KOZMA & RUSSEL, 1997; KEIG & RUBBA, 1993). De orientação cognitivista e semiótica, tal programa de pesquisa procura aprofundar a compreensão dos aspectos fundamentais envolvidos na relação entre as representações e a aprendizagem de conceitos (DUVAL, 2004; GODINO, 2003).

O uso de representações multimodais de conceitos e descobertas no discurso cien-

tífico possibilita ao aprendiz captar o significado dos conceitos, na medida em que ligam e compreendem os diferentes modos representacionais (PRAIN & WALDRIP, 2006). É consenso que os vários modos de representação apresentam diferentes níveis de eficácia e fraqueza em relação à precisão, clareza e capacidade de dar significado associativo às representações. Os estudantes logo se veem com a tarefa de entender os diferentes aspectos das representações e seu uso integrado, no momento em que estão aprendendo ciência. Eles têm necessidade de compreender que diferentes modos encerram distintos propósitos, como o caso das representações gráfica, tabular ou algébrica, usadas para indicar medidas extraídas em um experimento para identificar a relação entre elementos.

Entre os trabalhos com esse enfoque, há os que se preocupam com o papel da imagem para a compreensão e auxílio na interpretação de textos (PERALES PALLACIOS, 2006; MAYER & GALLINI, 1990), os que fazem uso de desenhos (PACCA *et al.*, 2003) para explicitar os modelos dos alunos, os que consideram as representações simbólicas criadas pelos próprios alunos para substituir inicialmente os símbolos oficiais (GOUVEIA & LABURÚ, 2005), ou, por fim, os que estudam as dificuldades de ler e entender representações gráficas (TYTLER *et al.*, 2006; SHAH & HOEFFNER, 2002). A dificuldade dos alunos do ensino básico em ler imagens e dar-lhes interpretação coerente e compatível com a significação vem sendo objeto de outros estudos (COLIN & VIENNOT, 2002; STYLIANIDOU *et al.*, 2002; PINTÓ & AMETTLER, 2002).

No que se refere à dimensão cognitiva do uso de múltiplos modos para sustentar a aprendizagem, Ainsworth (*apud* PRIN & WALDRIP, 2006) aponta três maneiras para que ocorra o engajamento entre as representações conceituais e a aprendizagem. Primeiramente, uma nova representação convém para complementar, confirmar ou reforçar conhecimentos passados. Segundo, uma nova representação propicia restrição e refinamento de uma interpretação, por delimitação do foco sobre os conceitos-chave. Finalmente, diferentes representações capacitam o aprendiz a identificar um conceito subjacente ou abstração através de diferentes modos representacionais ou dentro do mesmo modo. Além disso, uma nova representação serve como um elo entre o conhecimento prévio e o conhecimento novo que está sendo apresentado para o aprendiz. Assim, a multiplicidade de tipos e funções de comunicação deve ser aproveitada no âmbito didático em função das necessidades cognitivas individuais (PERALES PALLACIOS, 2006; LABURÚ & CARVALHO, 2005).

Como a aprendizagem deve partir de representações mais próximas do aprendiz, o que significa considerar a estrutura cognitiva prévia do aluno, a diversificação dos modos de representação permite proporcionar condições favoráveis para que haja o estabelecimento de relações entre o conhecimento pré-existente do sujeito e o novo conhecimento a ser ensinado. Para Ausubel *et al.* (1980), esse relacionamento deve ser não arbitrário e ocorre quando conhecimentos especificamente relevantes para o sujeito, já presentes em sua estrutura cognitiva, vinculam-se ao conhecimento a ser aprendido. Ao oportunizar multi-

modos de representação de um mesmo conceito, são propiciadas, para o sujeito, formas representacionais mais intuitivas e assimiláveis, uma vez que modos de representação específicos podem vir a funcionar como potenciais fontes de subsunções para a construção de novos conceitos. Para Ausubel, a estrutura cognitiva de cada indivíduo é extremamente organizada e hierarquizada, e é nessa estrutura que vão se relacionando as ideias já existentes com as novas, que se reordenam progressivamente (MOREIRA, 1999).

Nesse sentido, um aspecto a se considerar é que a linguagem é essencial no processo de construção de significados, que vão sendo captados e internalizados progressivamente (MOREIRA, CABALLERO y RODRÍGUEZ PALMERO, 2004). Segundo Vygotsky (1987, *apud* SIRGADO, 2000), no processo de desenvolvimento cognitivo, o ser humano vai reconstituindo internamente, vai se aproximando do que já foi desenvolvido e passa a contribuir na criação de novos instrumentos e signos. Esse processo de interiorização e apropriação é mediado por interações e intercomunicações sociais.

Cada linguagem, tanto em termos de seu léxico, como de sua estrutura, constitui-se como uma maneira singular de perceber a realidade. Esse traço da comunicação humana e, em particular, da científica, conduz à dedução de que um significado somente se vê preenchido por integração de um somatório de significados, levados pelas várias formas comunicativas, sem deixar de considerar os já elaborados no passado. O significado de cada palavra se enriquece pelo acúmulo do encontro de diferentes contextos, pela intersecção de muitas afirmações e pela confluência de muitos discursos (VYGOTSKY, 1988). Toda palavra, assim como cada figura, diagrama, equação, simbolismo, envolvidos por detrás das ações e procedimentos, pertence a um contexto e é parte de uma possível troca de significados entre diferentes membros de uma comunidade. Por isso, pode-se considerar que a linguagem, nas suas diversificadas formas, torna-se central na construção de um conceito.

A partir de tais considerações, pode-se afirmar que aprender ciências não significa se apropriar do discurso científico, isto é, aprender determinados termos e como eles se relacionam através da identificação de padrões temáticos e da percepção das relações semânticas entre termos específicos. Nesse sentido, alguns pesquisadores (EDWARDS & MERCER, 1987; MARTINS *et al.*, 1999; KRESS, 1997) consideram que as dificuldades do aprendizado de ciências transcendem os problemas advindos das tentativas de apropriação da chamada “linguagem da ciência”. Para esses autores, a construção de novas significações não é vista como exclusivamente dependente da linguagem (escrita ou falada), mas como resultado da interação entre diversos sistemas de representação que incluem imagens, gráficos e diagramas, passando pelo uso de gestos e atividade física, como a observação e manipulação de objetos.

Nessa perspectiva, a aprendizagem de conceitos científico simplifica, necessariamente, um desafio representacional nos diferentes contextos, nos quais um conceito é, simultaneamente, um sinal em um discurso semântico verbal, em um sistema operacional de significados de ação e, usualmente também, em um

sistema de representação matemático e visual. Seus significados não se levantam simplesmente da adição ou da justaposição de cada sistema de representação com o outro, mas da combinação integrada e da multiplicação do significado (LEMKE, 1998 e 2003). Para isso, os aprendizes precisam negociar e consolidar entendimentos de como as ideias científicas são construídas e interpretadas. As diferentes representações dos conceitos e dos processos de construção desses conceitos são efetivadas quando se é capaz de “transladar” de uma representação para outra e quando se consegue empregá-las coordenadamente (PRAIN & WALDRIP, 2006).

É preciso ressaltar, entretanto, que muitas vezes, nas aulas de ciências, os alunos não têm a oportunidade de trabalhar com um modo específico de representação de um conceito. Márquez *et al.* (2003), após observações sistemáticas das aulas de uma professora secundarista de Barcelona, constataram que a palavra (linguagem verbal) é o modo semiótico com a frequência absoluta mais alta entre as atividades observadas, sendo a linguagem visual o modo comunicativo com menor frequência absoluta. Já García e Perales Pallacios (2006), em um trabalho similar, puderam comparar as aulas de professores de diferentes níveis de ensino, e os resultados obtidos mostram que os grupos de docentes estudados expressam preferir o uso de alguns tipos de representações semióticas, como a verbal, dando pouca ou nenhuma oportunidade para que os estudantes possam trabalhar com outros modos representacionais semióticos, como, por exemplo, representações gráficas ou equações.

Em uma pesquisa a respeito das crenças do uso de múltiplas representações na prática diária de um grupo de professores de ciências do ensino fundamental da Austrália, Prain e Waldrup (2006) afirmam que os professores tendiam a focar sua atenção nos recursos e estilos de aprendizagem em vez de se preocuparem, propriamente, com os modos de representação. Houve uma tendência dos professores em imaginar que os diferentes estilos de aprendizagem dos seus estudantes ditam quais dos diferentes modos representacionais deveriam ser usados em um mesmo tópico. Para eles, ensinar é adequar o modo correto a um estilo particular de aprendizagem do sujeito. Os resultados dessa pesquisa demonstram, ainda, que a mencionada propensão em igualar o tipo de atividade à qualidade da aprendizagem leva os professores a variadas considerações. Entre elas, a confiança na opinião de que quanto maior o número dos sentidos envolvidos, mais a aprendizagem se torna realçada. Outra consideração é a postura de que o engajamento em múltiplos modos de representação encoraja os estudantes a manipular a informação, fazendo com que seus conhecimentos e experiências prévios sejam relacionados, ao mesmo tempo em que estimulam o desenvolvimento de ulteriores compreensões.

METODOLOGIA

Foram convidados para participar de uma Oficina de Biotecnologia, alunos do 3º. ano do Ensino Médio de escolas públicas do município de Londrina, Paraná (PR). A divulgação da Oficina ocorreu por meio de cartazes e *folders*, e as

vinte vagas ofertadas foram preenchidas. Os alunos participantes deveriam fazer uma inscrição prévia, sem custo, e a participação foi certificada pela instituição.

Com duração de 40 horas, as atividades foram realizadas durante duas semanas do período de férias escolares, em laboratórios da Universidade Estadual de Londrina, com condições físico-estruturais que permitiram o uso de microscopia óptica e aulas teóricas e práticas específicas de cada módulo proposto. Dessa forma, os conteúdos foram abordados com estratégias de ensino diversificadas, para que pudessem ser contemplados diversos modos representacionais dos conceitos (Quadro 1).

Antes da explanação de cada tema, os participantes deveriam confeccionar um mapa conceitual e realizar leituras de imagens relacionadas ao assunto e, no final de cada unidade, uma discussão oral era proposta. Todas as atividades foram videogravadas.

Para que pudessem ser melhor visualizada a relação entre as categorias propostas, optou-se pela análise da produção verbal-textual, verbal-oral e imagética referente ao tema *transgênico*, de quatro alunos participantes da Oficina, escolhidos de forma aleatória.

A descrição das categorias elencadas para a análise dos dados são descritas a seguir.

CATEGORIA 1 - Modo Representacional do Conceito *Transgênicos*

a) Modo Representacional Imagético: refere-se à produção dos mapas de conceitos. Antes do início das atividades específicas da Oficina, os alunos foram orientados sobre os objetivos e a estrutura de um mapa conceitual e puderam construir e, em um segundo momento, discutir os próprios mapas conceituais. As atividades foram desenvolvidas em um laboratório de informática e o programa computacional utilizado para a confecção dos mapas foi o *Cmap Tools*².

b) Verbal-Textual: refere-se à produção textual dos alunos quando participaram da atividade de leitura de imagens, na qual deveriam descrever a imagem em um primeiro momento e, posteriormente, descrever textualmente a mensagem que tal imagem transmite. A imagem utilizada para a unidade *transgênicos* foi a de um *tomate com uma boca*³.

c) Verbal-Oral: refere-se às argumentações orais sobre o tema proposto. Em uma atividade de júri simulado, os alunos tiveram a oportunidade de assistir a vídeos e ler textos sobre pesquisas que enfatizam o benefício do uso de produtos geneticamente modificados e depoimentos de órgãos ou entidades contrárias à inserção de um transgênico no mercado. Em um segundo momento, as turmas foram divididas em dois grupos, cada grupo deveria desenvolver argumentos favoráveis ou contrários ao uso de transgênicos e apresentá-los oralmente em um debate.

CATEGORIA 2: Nível de Significação Conceitual

As interações entre diferentes domínios de conhecimento envolvidos na construção do conceito de transgênicos foram categorizados em três principais *níveis de significação*⁴:

a) Nível de Significação Sócio-econômico: inclui a alusão ao uso ou consumo

de produtos provenientes de processos biotecnológicos.

b) Nível Ético-valorativo: inclui as percepções éticas, indicação de argumentos e valores morais ou religiosos envolvidos no tema da biotecnologia.

c) Nível Científico: inclui termos ou explicações científicas derivadas de conceitos, explicações procedimentais e explanações teóricas, com o uso ou não de símbolos e termos específicos. Tendo como base pesquisas em áreas similares à do ensino e aprendizagem de biotecnologia (WU, 2003), pode-se apresentar, ainda, as seguintes categorias de conhecimento inerentes *ao nível científico: o nível macroscópico*, que inclui os produtos biotecnológicos, como óleos, plantas e fermento; *o nível microscópico*, que inclui os aspectos celulares ou teciduais (processos celulares); e *o nível molecular ou simbólico*, que inclui os modelos de estruturas ou processos biotecnológicos (como a estrutura do DNA, RNA, ação de enzimas de restrição e eletroforese).

Quadro 1: Tema Proposto, Estratégia Metodológica e Modo Representacional Utilizados nas Atividades Desenvolvidas Durante a Oficina de Biotecnologia.

TEMA	ESTRATÉGIA METODOLÓGICA	MODOS REPRESENTACIONAL
BIOLOGIA CELULAR	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Montagem de Lâminas e Observação em Microscopia Óptica e Eletrônica	Tridimensional-Imagético
	Discussão teórico-prática	Verbal-Oral
ÁCIDOS NUCLÉICOS	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Montagem e Observação de Lâminas Extração de DNA e Construção de Modelo	Tridimensional-Imagético
	Discussão teórico-prática	Verbal-Oral
FERRAMENTAS UTILIZADAS NA BIOTECNOLOGIA	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Montagem de Cuba de Eletroforese, Observação Bandas de DNA e uso de Modelo	Tridimensional-Imagético
	Discussão teórico-prática	Verbal-Oral
TRANSGÊNICOS	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Construção de Modelo Tridimensional	Tridimensional-Imagético
	Filmes sobre o Tema Júri Simulado	Verbal-Imagético Verbal-Oral
CLONAGEM E CÉLULAS-TRONCO	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Filme sobre o Tema	Verbal-Imagético
	Visita Laboratório Anatomia	Tridimensional-Imagético
TESTES DE DNA	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Simulação Testes de DNA	Tridimensional
	Discussão	Verbal-Oral

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS OBTIDOS

Os resultados foram apresentados na forma de quadros explicativos (Quadro 2 e Figura 1), com o intuito de melhor visualizar as relações estabelecidas pelos estudantes, entre os níveis de significação e os modos de representação conceitual.

A análise dos mapas conceituais construídos (denominados aqui de *representação imagética*) evidencia uma maior ênfase nas relações entre conceitos e mecanismos científicos inerentes à produção de um organismo geneticamente modificado. Entretanto, nesse modo representacional, os mapas de conceitos construídos pelos estudantes A1 e A3 apresentam, também, relações conceituais entre os níveis de significação socioeconômico e ético-valorativo (Quadro 2).

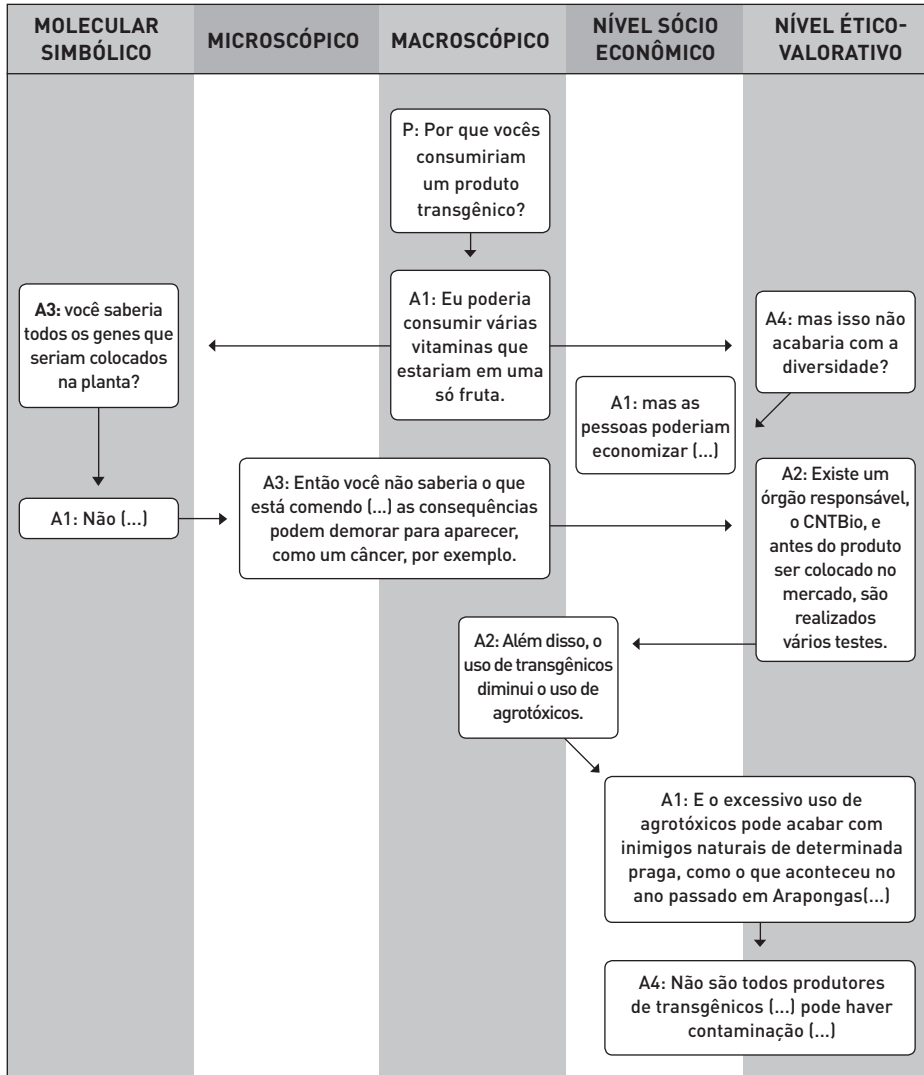
Na prática de leitura de imagens (representação *verbal-textual*), os participantes da pesquisa detiveram suas explicações entre o nível descritivo da imagem (macroscópico) e o nível ético-valorativo (Quadro 2). Houve explanação de questões referentes ao avanço científico e à preocupação com a produção e o consumo de produtos transgênicos. O estudante A3 também discutiu, em seu texto, a questão do transgênico e o mercado econômico. Vale ressaltar que não houve referência, nos textos analisados, sobre conceitos e símbolos científicos ou mecanismos moleculares para a obtenção de um organismo geneticamente modificado (Ver Quadro 2).

De forma geral, quando a *performance* de um estudante é analisada nos diferentes modos representacionais (imagético, verbal-textual e verbal-oral), há distinção na relação estabelecida entre os níveis de significação conceitual e, em alguns casos, parece que cada modo representacional privilegia de forma autônoma os diferentes níveis de significação estabelecidos: os alunos A1 e A4 exploram de maneira mais ampla o espectro científico e o nível socioeconômico no modo imagético de representação, mas mantêm-se entre os níveis socioeconômico e ético-valorativo quando fazem uso de representações verbal-textual e verbal-oral (Quadro 2 e Figura 1). Já o aluno A2, no modo imagético descreve de forma mais detalhada os mecanismos celulares e moleculares referentes à produção de um organismo geneticamente modificado e utiliza de forma satisfatória a linguagem científica para explicar tais mecanismos ou estruturas nos exemplos macroscópicos (Quadro 2). Mas, assim como os estudantes A1 e A4, o aluno A2, nos modos representacionais verbal-textual e verbal-oral, detém a sua discussão nos níveis de significação socioeconômico e ético-valorativo (Quadro 2 e Figura 1).

Quadro 2: Níveis de Significação Identificados Durante as Atividades Desenvolvidas Sobre o Tema *Transgênicos*, nos Modos Representacionais Imagético e Verbal-Textual (A1: Aluno 1; A2: Aluno 2; A3: Aluno 3; A4: Aluno 4)

MODO REPRESENTACIONAL	NÍVEL CIENTÍFICO			NÍVEL SÓCIO ECONÔMICO	NÍVEL ÉTICO- VALORATIVO
	MOLECULAR (SIMBÓLICO)	MICROSCÓPICO	MACROSCÓPICO		
IMAGÉTICO	A1: Significa retirar de um DNA um gene que é responsável por determinada característica (...)	A1: (...) e transferir para ser de outra espécie	A1: Intenção de rapidez e perfeição (qualidades) para os descendentes	A1: O melhoramento genético também está envolvido aos transgênicos	
	A2: Enzimas de restrição para cortar o DNA A2: O DNA é formado por timina, adenina, citosina, guanina e contém pontes de hidrogênio		A2: Normalmente é feito transgênico de vegetais		
	A3: Pega-se o gene de interesse e introduz em outra espécie		A3: Uso de um gen do vagalume foi colocado em um pé de fumo, que ficou iluminado	A3: É possível produzir uma variedade de soja resistente a pragas	A3: Dúvida quanto à segurança do uso de transgênicos
	A4: São feitos cortes no DNA com enzimas de restrição A4: Obtenção de DNA recombinante		A4: São produtos modificados geneticamente (soja, verduras)		
VERBAL- TEXTUAL			A1: é tomate monstrosamente modificado (um transgênico)		A1: A ciência evoluiu muito, modifica um ser, sem sentido
			A2: a imagem mostra como seria um tomate geneticamente modificado		A2: mostra a preocupação da população com os OGM
			A3: é um tomate com a boca aberta e protestando	A3: os organismos geneticamente modificados vão tomar conta do mercado	
			A4: é um tomate clonado com outros OGM		A4: os transgênicos podem fazer mal à saúde

Figura 1: Níveis de Significação Identificados Durante as Atividades Desenvolvidas sobre o Tema *Transgênicos* no Modo Representacional *Verbal-Oral* (A1: Aluno 1; A2: Aluno 2; A3: Aluno 3; A4: Aluno 4; P: Professor; as setas indicam a sequência das falas no episódio discursivo)



Essas observações levam a inferir que há dificuldade do estudante em transladar entre os níveis de significação explorados nos diferentes modos representacionais, mas apoiam a constatação de que cada modo de representação explora melhor determinados níveis de significação do conceito. Como as representações que fazem uso de símbolos incluem elevados níveis de abstração, tem sido demonstrado (WU, 2001; KOZMA *et al.*, 2000) que para uma aprendizagem de determinados conceitos seja eficaz, é necessário que o aprendiz, em uma primeira instância, compreenda as próprias representações utilizadas e, em um segundo

momento, seja capaz de representar o mesmo conceito de diferentes formas possíveis, como a gráfica e a verbal, por exemplo.

Considerando que uma matriz disciplinar transcende o plano teórico para um sistema de crenças, valores e generalizações simbólicas (MAYR, 2005, p.174), a aprendizagem, especificamente no que diz respeito aos temas da biotecnologia, envolve a capacidade do aprendiz em relacionar os diferentes níveis de representação conceitual (macroscópico, microscópico e simbólico) com as questões socioeconômicas, éticas e valorativas. Pode-se afirmar, portanto, que uma aprendizagem dita significativa exige que o aprendiz seja capaz de relacionar o conceito ou fenômeno em diversas representações e situações de resolução de problema ou contextos argumentativos.

A análise isolada do episódio argumentativo (modo *verbal-oral*) demonstra a facilidade dos estudantes em “saltar” de um nível de significação para outro (Figura 1). O diálogo estabelecido permite que a descrição de mecanismos científicos apoie os argumentos utilizados no nível socioeconômico e no nível ético-valorativo. Além disso, as discussões não se detêm em um exclusivo nível de significação, mas podem estar atreladas entre diferentes níveis, como é observado nas últimas falas dos alunos A1 e A4 (Figura 1). Nesse caso, torna-se fato que a palavra como signo seja o principal agente de abstração e generalização, assumindo um papel central como mediadora na formação da consciência e na organização das ações, assim como na compreensão e na interpretação de conceitos por parte dos sujeitos (VYGOTSKY, 2000).

Prestar atenção à construção do registro simbólico, enquanto se estimula o trânsito e o trabalho dos estudantes por diversos modos de representação para promoção dessa construção, é uma forma de patrocinar aproximações com as estruturas cognitivas individuais e contribuir para que a aprendizagem se torne não arbitrária e substantiva. Um exemplo é a observação de que o espectro de discussão alcançado pelo estudante A3 em seu mapa conceitual atingiu os três níveis de significação pré-estabelecidos e, apesar de ater-se a questões descritivas (macroscópicas) e de cunho socioeconômico no modo verbal-textual (Quadro 2), no modo verbal-oral o estudante retoma as questões ligadas ao nível de significação científico para embasar a construção de seus argumentos (Figura 1). Para esse estudante, é possível transladar entre os diferentes níveis de significação, ligando os diferentes modos representacionais do conceito.

O uso inicial de formas representacionais mais intuitivas parece ser uma estratégia efetiva para a promoção da aprendizagem significativa de conceitos, já que leva em conta, de forma sistemática, o conhecimento prévio do aprendiz. Pode-se inferir, assim, que um estudante que está engajado em discussões, enquanto utiliza conhecimentos prévios, é capaz de ligar aspectos visuais com aspectos conceituais e essa capacidade depende da compreensão conceitual e da compreensão representacional.

De fato, quando se fala em *substantividade* (AUSUBEL, 1968), está-se a referir, nos termos de Bakhtin (segundo VOLOSHINOV, 1992), à compreen-

são genuína e, com isso, podemos dizer que uma aprendizagem significativa é atingida quando o aprendiz consegue converter e expressar equivalência de significados entre distintos modos ou registros de representação, de tal forma que não permaneça dependente de um modo exclusivo de expressão (DUVAL 2004; PRAIN & WALDRIP 2006).

Esse relacionamento se apresenta quando se passa a incorporar à estrutura cognitiva a *essência* do novo conhecimento, das novas ideias, e não somente as palavras. Isso acontece quando o mesmo conceito ou proposição é capaz de ser expresso em múltiplas representações, por meio de distintos signos ou de grupos de signos, análogos em termos de significado, não ficando os mesmos dependentes do uso particular de determinados signos (AUSUBEL segundo MOREIRA 1999).

Contudo, há trabalhos que indicam que muitas das estratégias utilizadas nas aulas de ciências não são capazes de desenvolver a capacidade de abstração nos alunos em relação aos conceitos científicos, porque não há o uso inicial de formas representacionais mais intuitivas e assimiláveis para o sujeito (LAHORE, 1993; GALAGOVSKY *et al.*, 2003).

Fica para o estudante o malabarismo da difícil tarefa de selecionar e unir informações em um todo coerente e sintético para alcançar a compreensão de um conceito específico. Talvez seja essa uma das razões da tão frequente ação de memorização de conceitos, símbolos e operações, de forma arbitrária e sem substantividade, pelos alunos (ELIA *et al.* 2007). Muitas das falhas conceituais, não percebidas, explicitadas ou superadas em sala de aula, só tardiamente são identificadas em avaliações formais.

Por isso é importante que o professor use diferentes sistemas semióticos como recurso de comunicação (LEMKE, 2003), a fim de possibilitar que os modos de comunicação já percorridos sejam repetidos, revistos, corrigidos, aprofundados, integrados e coordenados, favorecendo a superação de falhas conceituais, capacitando os estudantes a integrar os significados daquilo que está sendo comunicado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é que as ideias presentes na estrutura cognitiva do sujeito possam servir como âncora para as ideias novas, torna-se extremamente importante conhecer tais ideias durante o processo de ensino e aprendizagem. Essa não é uma tarefa simples, e tampouco é fácil para o professor privilegiar características inerentes ligadas a fatores internos e singulares presentes na estrutura cognitiva de cada indivíduo. Além disso, em um ambiente plural, como o da sala de aula, onde vários acontecimentos ocorrem simultaneamente, há a evidência de frequentes falhas de comunicação entre o professor e o aluno, o que acarreta, ainda, defasagens temporais entre o conhecimento dos aprendizes e o que se pretende ensinar.

As reflexões apontadas neste artigo permitem concluir que a aprendizagem

significativa de novos conceitos não pode ser separada da capacidade de aprender a representá-los e de compreender o que significam essas representações (TYTLER *et al.* 2006 e 2007). O aprendiz deve ser capaz de mobilizar os conhecimentos dentro do contexto de cada registro representacional explorado e também ter a habilidade de transladar entre os diferentes modos de representação. Isso se tornará factível a partir do momento em que o conhecimento enfocado se encontrar fundado na coordenação dos registros possíveis de transferência. Consequentemente, as representações simbólicas deveriam estar no centro da análise dos complexos e específicos processos de pensamento durante a instrução científica, levando em conta as diferenças entre os vários sistemas semióticos de representação.

A pesquisa realizada evidencia que a capacidade dos alunos em relacionar conceitos científicos, representações simbólicas inerentes aos mecanismos e processos biotecnológicos, e questões valorativas e éticas que permeiam o tema, está diretamente relacionada e é dependente do modo representacional utilizado. Assim, adequar uma representação e sua forma de apresentação ao aluno significa procurar partir de representações mais próximas das dele, respeitando sua estrutura cognitiva, seus conhecimentos prévios presentes na estrutura mental.

Conforme já discutido, a construção de conceitos científicos acontece dentro de uma variedade de signos e o intercâmbio comunicativo do pensamento científico se dá por meio de uma multiplicidade de modos discursivos. Um exemplo é a unificação da biologia como ciência, que só ocorreu após a apropriação de signos e símbolos (derivados de outras ciências, como a física e química), necessários para a demonstração de hipóteses, compreensão de fenômenos ou na demonstração de modelos científicos (MAYR, 2005, p.83). Nesse sentido, estratégias de ensino de natureza multimodal propiciam um cenário para que as elaborações conceituais ou níveis de significação não discutidos possam se desenvolver. Como uso de procedimentos multimodais, torna-se possível controlar, discriminar, entender e superar as recalitrâncias ligadas à construção das unidades significantes próprias a cada registro científico, auxiliando o aprendiz a construir um discurso coerente, coordenado e integrado.

Por isso, um modelo educacional baseado nos princípios de uma aprendizagem significativa deve privilegiar tanto as diferentes formas de representar um conceito como também os níveis de significação inerentes a tal. Havendo, para cada sujeito, um caminho particular para a construção do significado, um ensino multimodal é coerente com o princípio pedagógico que atenta para as necessidades e preferências individuais. Quando se incentiva os estudantes a trabalharem com múltiplos modos de representação cria-se uma potencialidade de aproximação com sua estrutura cognitiva, considerando que uma determinada forma representativa pode ser mais eficaz para iniciar ou aprimorar um processo de elaboração das ideias de um aluno particular, auxiliando-o a ultrapassar um obstáculo conceitual ou a utilizar as representações oficiais mais abstratas, pois a história e as habilidades cognitivas são construídas, por cada sujeito, no momento instrucional.

Compreender as dificuldades dos estudantes em interpretar diferentes

representações e o que acontece quando não notam as similaridades entre elas, ou se tornam incapazes de coordená-las ou integrá-las, é um caminho ainda aberto à pesquisa. Também, torna-se necessário compreender os desafios que se colocam aos professores, quando estes encaram a tarefa de capacitar os seus alunos para que trabalhem diferentes representações em um processo de desenvolvimento conceitual significativo.

NOTAS

¹ Parte desse artigo foi apresentado no II Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (24 a 28/11/2008, Canela, RS): “Multimodos de Representação e Aprendizagem Significativa de Conceitos: Implicações para a Investigação Básica no Ensino de Ciências”.

² Software computacional desenvolvido pelo Institute for Human Machine Cognition, IHMC, University of West Florida, sob a supervisão do Prof. Dr. Alberto J. Cañas (Disponível em: www.cmap.ihmc.us/download).

³ “Tomate com uma boca” (p.86) em: Salzano, F. DNA e eu com isso? São Paulo, Oficina de Textos, 2005 (Disponível em: www.aarrg.org).

⁴ A ideia de “significação” usada neste trabalho tem base nos estudos peirceanos, segundo os quais o significado se dá em um processo dinâmico e evolutivo, em uma relação lógica e intrínseca entre o significado e a representação (Nöth, 1995). Propomos o uso da expressão “nível de significação” com o intuito de salientar que o significado de determinado conceito deriva, tanto da sua interação com outros conceitos, como da sua relação com os diferentes modos existentes para representá-lo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BAKHTIN, M. *Le marxisme et la philosophie du langage*. Trad. Marina Yaguello. Paris: Editions de Minuit, 1977.
- COLIN, P.; VIENNOT, L. Reading Images In Optics: Students’ Difficulties And Teachers’ Views. *International Journal Of Science Education*, London, n. 24, p. 313-332, 2002.
- DUVAL, R. *Semiosis Y Pensamiento Humano: Registros Semióticos Y Aprendizajes Intelectuales*. Santiago De Cali: Universidad Del Vale, Instituto De Educación Y Pedagogía, 2004.
- EDWARDS, D.; MERCER, N. *Common Knowledge: the Development of Understanding in the Classroom*. Londres: Methuen/Routledge, 1987.
- ELIA, I. et al. Relations between secondary pupils’ conceptions about functions and problem solving in different representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, New York, v.5, n.3, p. 533-556, 2007.
- GALAGOVSKY, L. R. et al. Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos em la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a Partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de Las Ciencias*, Barcelona, n. 21, p. 107-121, 2003.
- GARCIA, J. J. G.; PERALES PALLACIOS, F. J. ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, v. 5, n.2, 2006. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART3_Vol5_N2.pdf> Acesso em: 02. ago. 2010.

- GODINO, J. D. *Teoría de las funciones semióticas: un enfoque ontológico-semiótico de la cognición e instrucción matemática*. 2003. 318 f. Trabajo de investigación presentado para optar a la Cátedra de Universidad de Didáctica de la Matemática - Universidad de Granada, Granada, 2003. Disponível em: <<http://www.ugr.es/~jgodino/funciones-semioticas/monografiatfs.pdf>>. Acesso em: set. 2010
- GOUVEIA, A. A.; LABURÚ, C. E. A Aprendizagem Da Representação Dos Circuitos Elétricos Mediada Por Símbolos-Ponte. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2005. Bauru. *Atas...*Bauru: Abrapec, 2005.
- IHMC. Institute for Human Machine Cognition, University of West Florida. Disponível em: <www.cmap.ihmc.us> Acesso em: 26 jul. 2009.
- KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, Hoboken, NJ v. 30, n. 8, p. 883-903, 1993.
- KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, Hoboken, NJ, n. 34, p. 949-968, 1997.
- KOZMA, R. B.; CHIN, E.; RUSSELL, J. & MARX, N. The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry instruction. *Journal of the Learning Sciences*, London, n. 9, n. 2, p.105-143, 2000.
- KRESS, G. *Before Writing: Rethinking The Paths To Literacy*. London: Routledge, 1997.
- LABURÚ, C. E.; CARVALHO, M. *Educação Científica: Controvérsias Construtivistas E Pluralismo Metodológico*. Londrina: Eduel, Biblioteca Universitária, 2005.
- LAHORE, A. A. Linguaje Literal y Connotado en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, Barcelona, n. 1, p. 59-62, 1993.
- LEMKE, J. L. Multiplying Meaning: Visual and Verbal Semiotics in Scientific Text. In: MARTIN, J.R.; VEEL, R. (eds.) *Reading Science*. London: Routledge, 1998. p. 87-113.
- LEMKE, J. L. *Teaching All The Languages Of Science: Words, Symbols, Images, And Actions* (2003). Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~jaylemke/papers/barcelon.htm>> Acesso em; 01 fev. 2007.
- MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M. Y ESPINETE, M. Comunicación Multimodal En La Clase De Ciencias: El Ciclo Del Agua. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, n. 21, p. 371-386, 2003.
- MARTINS, I.; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma Explicação. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v.1, n.1, 1999.
- MAYR, E. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MAYER, R. E. Y GALLINI, J. K. When Is An Illustration Worth Ten Thousand Words. *Journal Of Educational Psychology*, Washington, n. 82, p. 715-726, 1990.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.
- MOREIRA, M. A. Linguagem e Aprendizagem significativa. ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, 4.,2003. Maragogi, Alagoas. *Conferência De Encerramento*. Maragogi, 2003.
- MOREIRA, M. A.; CABALLERO, C. Y RODRÍGUEZ PALMERO, M. *Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje*. Burgos: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos, 2004.
- NÖTH, W. *Panorama Da Semiótica*. De Platão A Peirce. 1ª Ed. São Paulo: Annablume, 1995.
- PACCA, J. L., et al. Corrente Elétrica E Circuito Elétrico: Algumas Concepções Do Senso Comum. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, Florianópolis, n. 20, p. 151-167, 2003.
- PERALES PALLACIOS, F. J. Uso (Y Abuso) De La Imagen En La Enseñanza De Las Ciencias. *Enseñanza De Las Ciencias*, Barcelona, n. 24, p. 13-30, 2006.
- PINTÓ, R.; AMETLLER, J. Students' Difficulties In Readings Images. Comparing Results From Four National Research Groups. *International Journal Of Science Education*, London, n. 24, p. 333-341, 2002.
- PRAIN, V. & WALDRIP, B. An Exploratory Study Of Teachers' And Students' Use Of Multi-Modal Representations Of Concepts In Primary Science. *International Journal Of Science Education*, London, n. 28, p. 1843-1866, 2006.

- SALZANO, F. DNA e eu com isso? São Paulo, Oficina de Textos, 2005.
- SHAH, P.; HOEFFNER, J. Review Of Graph Comprehension Research: Implication For Instruction: Education. *Psychology Review*, Washington, n. 14, p. 47-69, 2002.
- SIRGADO, A. P. O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano. *Cadernos Cedes: Pensamento e Linguagem – Estudos Na Perspectiva Da Psicologia Soviética*, Campinas, ano XX, n. 24, 2000.
- STYLIANIDOU, F, ORMEROD, F AND OGBORN, J. Analysis Of Science Textbook Pictures About Energy And Pupils` Readings Of Them. *International Journal Of Science Education*, London, n. 24, p. 257-283, 2002.
- TYTLER, R., PETERSON, S. AND PRAIN, V. Picturing Evaporation: Learning Science Literacy Through A Particle Representation. *Teaching Science*, Canberra, Au, n. 52, p. 12-17, 2006.
- VOLOSHINOV, V. N. *Marxismo E Filosofia Da Linguagem*. São Paulo: Hucitec, 1992.
- VYGOTSKY, L. *Psicologia Pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes, 1987.
- VYGOTSKY, L. *Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1988.
- VYGOTSKY, L. *A Formação Social Da Mente*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- WU, H.; KRAJCIK, J. S. & SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, Hoboken, NJ, v.38, n.7, p.821-842, 2001.
- WU, H. Linking the Microscopic View of Chemistry to Real-Life Experiences: Intertextuality in a High-School Science Classroom. *Science Education*, Malden, US, n.87, p.868-891, 2003.

Data de Recebimento: 02/09/2010

Data de Aprovação: 15/10/2011

Data da Versão Final: 08/02/2012