

OS CONHECIMENTOS PRÉVIOS E AS IMPLICAÇÕES NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL NA CONSTRUÇÃO DO MODELO MENTAL DA MEMBRANA CELULAR NO ENSINO MÉDIO

(The prior knowledge and the implications in meaningful learning of David Ausubel in construction of mental model of cell membrane in secondary education)

Karen Cavalcanti Tauceda [ktauceda@terra.com.br]

Colégio Estadual Júlio de Castilhos

Praça Pinatini s/n, Porto Alegre, RS, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, UFRGS, Brasil.

José Cláudio Del Pino [delpinojc@yahoo.com.br]

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, UFRGS, Brasil.

Resumo

O artigo é uma reflexão acerca da aprendizagem significativa de Ausubel em biologia do ensino médio, no desenvolvimento de modelos mentais da membrana plasmática (celular). A metodologia utilizada baseou-se nas concepções da psicologia cognitiva, no estudo de representações mentais, que neste caso, são desenvolvidas pelos estudantes na forma de desenhos (representações pictóricas), focalizando no modelo mental proposto por Johnson-Laird. Foram produzidos 92 desenhos em pré e pós-teste para solucionar as tarefas instrucionais do tipo gerativas, cujas respostas devem indicar compreensão e promover a formação de um modelo mental (explicativo, funcional) em uma aprendizagem significativa. Os resultados indicam que metodologias que privilegiam a participação ativa do aluno na construção de seu próprio conhecimento, como é o caso da teoria de ensino de Ausubel, promovem a resignificação dos novos conhecimentos a partir das concepções prévias.

Palavras-chave: aprendizagem significativa; ensino de biologia; modelos mentais; membrana celular.

Abstract

The article is a reflection on Ausubel's meaningful learning in high school biology, in the development of mental models of the plasma membrane (cell). The methodology used was based on the concepts of cognitive psychology, the study of mental representations, which in this case are developed by the students in the form of drawings (pictorial), focusing on the mental model proposed by Johnson-Laird. Were produced 92 drawings in pre-and post-testing to solve instructional tasks of type generative, whose answers must indicate understanding and promote the formation of a mental model (explanatory functional) in meaningful learning. The results indicate that methods that emphasize active student participation in the construction of their own knowledge, as is the case of theory of Ausubel, promotes reframing of new knowledge from previous conceptions.

Keywords: meaningful learning; teaching biology; mental models; cell membrane.

Introdução

A aprendizagem de conceitos científicos sobre a biofísica celular no ensino médio é vista como um desafio por parte dos professores e alunos. Os professores apresentam dificuldades de desenvolver estratégias pedagógicas que facilitem a construção do conhecimento abstrato e complexo, pois este apresenta inúmeras relações e contextualizações. Por sua vez, os alunos identificam estes conceitos como difíceis de serem compreendidos, como por exemplo, o conceito de membrana plasmática (celular). Portanto, o grande desafio da educação nos dias de hoje é desenvolver a aprendizagem significativa na sala de aula. Segundo Ausubel (1982), o conhecimento

significativo é aquele que interage com os elementos cognitivos prévios de quem produz este conhecimento (o aluno), com os conceitos que compõem os novos conceitos, tecendo relações entre eles. O sujeito redefine e ressignifica os conceitos ensinados à luz de seus conhecimentos anteriores, indicando compreensão.

A compreensão não acontecerá se o ensino ocorrer através da apresentação de conceitos fragmentados, isolados, sem relação com o cotidiano e a cultura do aluno. O que resultará desta metodologia de ensino é uma repetição de conceitos memorizados, que se perderão ao longo do tempo, e que não resultarão em novas explicações de mundo, nem tampouco em novas reflexões e atitudes. Então, desenvolver a aprendizagem significativa é recriar o conhecimento e estimular a criatividade para responder diferentes questões que fazem sentido para o estudante. A aprendizagem significativa propõe a interconexões dos conhecimentos, pois, segundo Ausubel (2003) ela é baseada em conceitos inclusivos e gerais, interligados aos conhecimentos prévios. Tudo isso imprime ao conhecimento construído, um caráter funcional e pertinente para aquele que o constrói.

Estudos na área da psicologia cognitiva confirmam que as pessoas não apreendem o mundo diretamente, e sim a partir de representações deste mundo construídas em suas mentes (Moreira, 2006). Portanto, conforme Johnson-Laird (1983, 1987), as representações mentais são importantes nos processos de cognição. Assim, as informações adquiridas em uma aprendizagem significativa são uma interpretação, uma representação do mundo formadora de um modelo mental. Esta afirmação conduz ao entendimento de que os alunos não são acumuladores de informação transmitida pelo professor, mas sim construtores ativos de seu conhecimento (Ausubel, 1976, 1982; Greca, 2005).

Johnson-Laird ao afirmar que as pessoas constroem modelos mentais para representar a realidade (estados físicos, assim como estados de coisas abstratas), propõe que estes modelos devem ser constructos funcionais, preditivos e explicativos para aquele que o constrói. Segundo Moreira (1997) esses modelos mentais não precisam ser tecnicamente acurados (e geralmente não são), mas devem conter elementos cognitivos que facilitem a compreensão daquele que o elaborou. Caso contrário, a pessoa continua modificando seu modelo mental a fim de chegar a uma funcionalidade que lhe satisfaça.

Da mesma forma, Johnson-Laird enfatiza que o conhecimento é resultado da interpretação, uma representação mental do mundo. Portanto, esta representação é funcional e “dialoga” com o indivíduo e o meio. Origina-se a partir de interações entre os conhecimentos (anteriores e os novos conhecimentos que devem ser aprendidos) formadores de modelos mentais que se transformam, se relacionam, sem determinismos prévios, pois o modelo mental deve ser útil para aquele que o elabora. A sua recursividade é que lhe atribui a dinâmica e promove o intercâmbio entre os elementos. Esta é a característica fundamental dos modelos mentais.

A proposta de interconexões dos conhecimentos vislumbra a aprendizagem significativa de Ausubel, com seus conceitos inclusivos e gerais, interligados com os conhecimentos prévios e os modelos mentais de Johnson-Laird, com sua funcionalidade; tudo isso imprime ao conhecimento construído um caráter de pertinência para aquele que o constrói.

Os estudos de representações internas e modelos mentais, e sua concretude nas representações externas, na forma simbólica (linguística) ou pictórica (desenho), permitem uma melhor compreensão dos processos cognitivos para aprimoramento da prática pedagógica, e conseqüente à aprendizagem significativa em ciências (Moreira et. al., 2002).

Este trabalho faz parte de uma investigação mais ampla iniciada em 2009, com alunos de ensino médio, sobre a influência de determinadas metodologias de ensino, na produção de representações e modelos mentais em biologia.

Objetivos

O trabalho discute a eficácia de metodologias que privilegiem as concepções prévias dos estudantes para uma aprendizagem significativa sobre a membrana celular, como é o caso da produção de representações pictóricas na resolução de tarefas instrucionais do tipo gerativas. Também reflete sobre as dificuldades da aprendizagem significativa e formadora do modelo mental de membrana, a partir destes referenciais.

Metodologia

O estudo foi realizado nos meses de agosto e setembro de 2011, na Escola Estadual Parobé, na cidade de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Foram pesquisadas duas turmas do 1º ano do ensino médio, da disciplina de biologia, com aproximadamente 30 alunos por turma, na faixa etária de 13 a 17 anos.

De acordo com a psicologia cognitiva, as representações mentais estão na mente das pessoas. Desta forma, para exteriorizar estas representações, os alunos produziram desenhos (representações pictóricas) em tarefas instrucionais, sem consultar material de apoio (caderno, livro, anotações). Estas tarefas eram proposições relacionadas aos conhecimentos prévios dos alunos (pré-teste), isto é, organizadoras de informações com algo significativo, originando um subsunçor prévio, e o pós-teste vinculando-se ao subsunçor prévio e aos novos conhecimentos, isto é, a resignificação dos conhecimentos desenvolvidos em sala de aula, a partir dos conceitos prévios. As tarefas consistiram em questões do tipo “geradoras” (produtivas, não factuais), isto é, questões que não podem ser respondidas através de simples memorização, da repetição de informação não assimilada e compreendida (Vosniadou, 1994).

Todos estes conceitos foram problematizados através de debates (Freire, 2000) para estimular o aluno na construção de suas representações mentais.

No estudo da membrana plasmática, são enfatizados os processos biofísicos (difusão e osmose) de transporte na membrana e de mecanismos de digestão celular (pinocitose e fagocitose) com formação de pseudópodos e invaginações provocadas pela variação da concentração de proteínas, aminoácidos, sais e glicose no citoplasma, próximo à membrana, que induzirão a mudança de sua conformação. Assim, para a categorização dos desenhos, foi realizada a análise dos processos biofísicos da difusão, osmose, pinocitose e fagocitose, identificados nas representações produzidas pelos alunos.

A tarefa do pré-teste propõe a identificação de conhecimentos prévios relacionados à forma geral de uma célula e da estrutura de separação da região externa e interna da célula. Também sugere uma reflexão de causa-efeito: as moléculas orgânicas (ricas em energia) estão no ambiente onde a célula está se formando, e espera-se que estas moléculas sejam elementos constituintes da sua estrutura, e que forneçam alimento (energia) para a célula em formação. Nos desenhos desta tarefa, pode-se inferir se o aluno faz relações entre os elementos (moléculas orgânicas e formação da membrana celular) e se a estrutura da membrana está representada no contexto proposto (celular e ambiental). Estes aspectos (relações e contexto) promovem a funcionalidade explicativa para o problema proposto, indicando compreensão na aprendizagem significativa.

A tarefa do pós-teste propõe modelos dinâmicos de membrana, isto é, representações de eventos conectados ao ambiente que cerca esta membrana (diferentes concentrações de átomos, moléculas e partículas) e eventos conectados ao seu ambiente interno (diferentes concentrações de moléculas orgânicas e sais). Esta interação (do ambiente externo e interno) promove a ocorrência de

processos biológicos na membrana, principalmente através da digestão celular e das variações das concentrações internas e externas (próximas à membrana), isto é, a difusão. Segundo Vosniadou e Brewer (1992), estas representações mentais resultado das tarefas instrucionais, deverão fornecer uma resposta ao problema, indicando compreensão.

A análise das respostas do pré-teste mostrou quais as modificações que deveriam ocorrer na tarefa do pós-teste, considerando também os conceitos científicos que foram debatidos na aula.

Proposições foram acrescentadas nos desenhos na medida em que os alunos as julgassem necessárias. Foram produzidas 46 figuras em pré-teste e 46 figuras em pós-teste.

Tarefas instrucionais para o conceito de membrana plasmática ou celular:

(a) Pré-teste: Desenhar uma célula em evolução, cujas moléculas orgânicas dispersas no meio ambiente formarão a estrutura celular, incluindo a organela (a futura membrana plasmática), que irá separar o interior do exterior da célula. Representar no desenho, como esta pré-célula obterá energia do meio ambiente.

(b) Pós-teste: Desenhar uma célula que indique a membrana plasmática, sua constituição e funcionamento durante os processos de transporte de átomos, moléculas, e partículas maiores (difusão, osmose, transporte ativo, pinocitose e fagocitose) através de sua estrutura. Representar no desenho, de que forma a célula absorve substâncias para obter energia e a sua relação com o meio em que está inserida e com os processos de transporte na membrana.

A metodologia compreendeu uma análise qualitativa e quantitativa dos desenhos. Uma categorização indutiva (Otero et. al., 2002) foi estabelecida, isto é, as categorias surgiram das próprias figuras analisadas, e foram interpretadas e descritas em função do referencial teórico.

Categorias:

1) Evento inserido na célula 2) Evento fragmentado 3) Fórmulas químicas coerentes com as proposições 4) Organela relacionada à função e à célula

A base conceitual de representação mental é a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird (1983, 1987).

A metodologia propõe que um desenho para ser considerado um modelo mental, resultado de uma aprendizagem significativa, deve conter a maioria das categorias (1, 3, 4) e não apresentar a categoria 2. As categorias 1 e 4, enfatizam a relação entre os eventos no interior da célula, organela (membrana) e entre a célula e o meio externo (ambiente), indicando a compreensão do contexto em que estão ocorrendo os eventos sugeridos nas tarefas instrucionais. A categoria 3 indica a compreensão do contexto em que as fórmulas químicas devem ser utilizadas na resolução das tarefas. Estas categorias evidenciam uma representação funcional, isto é, um modelo mental. A ocorrência da categoria 2 é um indicativo da dificuldade de compreender os processos e estruturas relacionadas entre si e o meio, em resposta à tarefa instrucional. A ocorrência desta categoria, portanto, é um indicativo de uma representação não funcional, não formadora de um modelo mental. Cada desenho foi analisado para as quatro categorias nos critérios de “ocorrência ou não ocorrência”, gerando uma frequência em pré e pós-teste para cada categoria.

Resultados e Discussão

Após a análise do pré-teste, observou-se a necessidade de modificar a tarefa do pós-teste enfatizando a relação entre os conhecimentos prévios identificados nos desenhos (moléculas

orgânicas, membranas celulares, célula, meio ambiente) com os conceitos desenvolvidos na aula (evolução da estrutura da membrana celular, obtenção de substâncias e energia através da osmose, difusão, pinocitose e fagocitose), pois no pré-teste, a categoria 2 (evento fragmentado, indicativa de aprendizagem não significativa), apresentou frequência maior (26%) na comparação com as categorias 1, 3, 4, que foi de 2%.

O desenho do pré-teste (Figura 1), indica que moléculas orgânicas estão em processo de formação da membrana celular, onde está desenhada uma linha que delimita essa estrutura em formação. Esta linha sugere a membrana primitiva, cuja função biológica inicial foi a de separar o interior da célula do meio ambiente (categoria 1 – evento inserido na célula). A frase “que precisam de energia para seu exterior”, leia-se “precisa de energia para seu interior”, está relacionada a uma estrutura que lembra uma célula com seu núcleo. Esta ideia de que a energia do meio ambiente, de alguma maneira, deverá ir para o interior da célula, indica que o aluno está construindo um modelo mental de transporte através da membrana. O aluno propõe nas imagens uma relação entre a organização das moléculas orgânicas e a evolução da célula. Porém, a sequência de eventos está incorreta. O desenho propõe um modelo mental, visto que a representação, apesar de não estar totalmente de acordo com os conhecimentos científicos, é explicativa e funcional em relação à tarefa-instrucional, pois, segundo Moreira (1997), contém elementos cognitivos que provavelmente facilitam a compreensão daquele que o elaborou. A proposição “... que precisa de energia para seu interior.”, está associada à representação da célula com sua membrana; confere a ocorrência da categoria 4. A ausência da categoria 2 (evento fragmentado) está indicada quando o aluno propõe uma sequência de eventos (A e B), indicados por uma seta que coincide com a complexidade das estruturas que estão representadas (moléculas orgânicas, estrutura da membrana e estrutura celular). Não são utilizadas fórmulas químicas no desenho, não ocorrendo, portanto, incoerência na sua aplicação (categoria 3). Ao evidenciar as categorias 1, 3 e 4 e não evidenciar a categoria 2, a representação é considerada uma aprendizagem significativa.

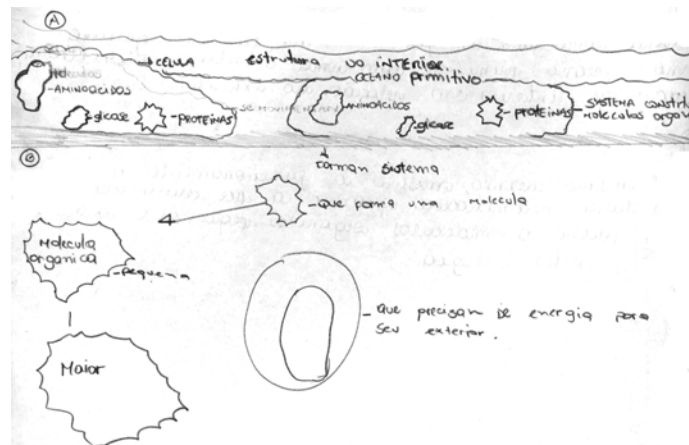


Figura 1: Pré-teste do conceito biofísico da membrana celular

Na figura 2 (pós-teste), os processos biofísicos de transporte através da membrana (difusão, osmose, fagocitose, pinocitose) ocorrem em um contexto celular. As setas indicam que os diferentes processos ocorrem em uma única célula, sugerindo a continuidade dos eventos (categoria 1). A estrutura da dupla camada da membrana celular está representada, indicando alguma relação entre os poros e os processos de transporte de substâncias (categoria 4). O desenho sugere um contexto de ambiente aquático onde estariam ocorrendo todos os processos de transporte de membrana (ausência da categoria 2). As fórmulas químicas que foram trabalhadas em aula não foram utilizadas na representação (categoria 3), porém isto não significa incompreensão por parte do aluno da tarefa-instrucional. O processo da fagocitose não apresenta a membrana em um estado mais dinâmico, como seria correto.

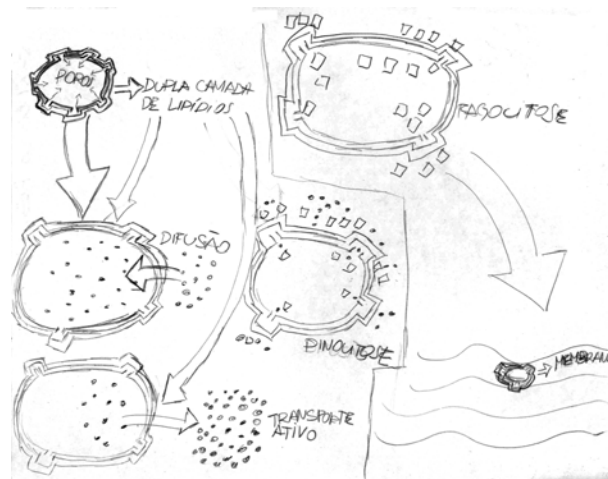


Figura 2: Pós-teste do conceito biofísico de membrana celular

O desenho (Figura 2) mostra a formação de um modelo mental do processo interativo entre a membrana, o interior da célula e o meio ambiente, apesar da difusão não estar corretamente representada em termos de diferenças de gradiente, entre o meio interno e externo.

A representação da interação da célula com o meio ambiente e da funcionalidade da membrana celular, é a elaboração cognitiva que os alunos apresentaram maior dificuldade, em pré e pós-teste (26% e 39% dos desenhos de pré e pós-teste respectivamente, mostraram eventos fragmentados indicadores da categoria 2) (Tabela 1). Na comparação com as outras categorias, esta dificuldade fica evidenciada. No máximo 2% dos desenhos apontam representações mentais descontextualizadas do ambiente celular (categoria 1); eventos não relacionados à organela da célula (categoria 4); incoerência das fórmulas químicas com a tarefa-instrucional, indicando repetição de informação sem compreensão (categoria 3) (Tabela 1).

Tabela 1: Frequência relativa de desenhos em cada categoria, em pré e pós-teste, para o conceito de membrana celular.

	PRÉ-TESTE	PÓS-TESTE
n	(46)	(46)
Categorias		
1	98	100
2	26	39
3	98	98
4	98	100

Segundo Vosniadou e Brewer (1992), a resposta do aluno desconectada da tarefa proposta mostra dificuldade na aprendizagem. Portanto, neste trabalho, os alunos mostraram dificuldade de compreender as relações entre os conhecimentos abordados, principalmente quando foi apresentada

uma tarefa (Pós-teste) que proponha uma reflexão dos novos conceitos a partir dos conhecimentos prévios.

As categorias indicativas de uma aprendizagem significativa encontram-se tanto no pré-teste (Figura 1) como no pós-teste (Figura 2), porém, estão mais evidenciadas no pós-teste. Esta observação pode ser explicada como resultado eficaz das reflexões dos alunos dos conhecimentos prévios interagindo com os novos conhecimentos, na resolução das tarefas instrucionais. É difícil supor que a não valorização das concepções prévias, juntamente com a impossibilidade de criar suas próprias representações mentais, possam resultar em uma aprendizagem significativa.

Júnior e Colvares (2010) constataram a importância dos modelos mentais de matemática (produzidos pelos alunos universitários) na resolução de problemas. Diferentes modelos podem conduzir aos mesmos resultados, indicando a influência das características individuais do raciocínio na resolução de problemas. Os autores enfatizam a identificação destes conhecimentos prévios na promoção da aprendizagem. Estas conclusões reafirmam os pressupostos de Ausubel, sobre a importância dos conhecimentos prévios para a aprendizagem significativa.

A metodologia utilizada no presente trabalho, não priorizou modelos pré-estabelecidos (figuras prontas de livros e demais fontes), que estimulariam uma aprendizagem memorística. Pelo contrário, enfatizou a mobilização da estrutura cognitiva prévia dos estudantes (pré-teste) e esta estrutura prévia com os conhecimentos elaborados na aula, a partir da reflexão problematizada pelas tarefas instrucionais nos pós-testes. Esta reflexão resultou nos novos conhecimentos (modelo dinâmico da membrana celular) que, inicialmente, partiram das ideias prévias dos alunos. Isto é percebido pela presença de representações em pré-teste (Figura 1) que se repetem e se tornam mais elaborados desenhos dos pós-teste (Figura. 2). Um exemplo são as representações da dinâmica das moléculas orgânicas na membrana celular. Esta constatação reafirma que os modelos mentais são limitados pelos processos cognitivos prévios, e se tornam funcionais quando estão relacionados com elementos similares destes conhecimentos (Moreira, 1997; Moreira e Masini, 2006). Ocorreram muitas similaridades estruturais entre os conhecimentos que foram produzidos nos desenhos de pós-teste e os desenhos produzidos no pré-teste, por exemplo, a ideia de relacionar os elementos entre si e seu contexto (moléculas orgânicas com membrana; membrana com célula; célula com ambiente; conexão dos processos de transporte da membrana, derivados possivelmente da ideia da necessidade de obtenção de energia do meio externo), é encontrada tanto na figura 1 como na figura 2.

Na comparação dos dados de pré e pós-teste (Tabela 1), observa-se que foram mantidas as frequências das categorias nos pós-teste, indicando conhecimentos funcionais e explicativos. Apesar da inserção de novos elementos na tarefa instrucional dos pós-teste, que foram explicados nos debates para a introdução do novo conceito científico (membrana celular), estes novos elementos foram utilizados pelos alunos nos desenhos dos pós-teste, mantendo-se a lógica de pensamento da aprendizagem significativa dos pré-teste, isto é, modelos mentais com categorias de aprendizagem significativa. Isto é relevante na identificação de estratégias de ensino facilitadoras do desenvolvimento cognitivo. Estas devem apoiar-se em estruturas cognitivas já elaboradas em tarefas específicas de aprendizagem.

Também a ausência do modelo pronto pode ter facilitado a interação dos novos conhecimentos com os conhecimentos prévios. Segundo Taucedá et. al. (2011), em estudo realizado com alunos do ensino médio, as figuras prontas do livro didático dificultaram a aprendizagem de conceitos de bioquímica (fotossíntese). Estes modelos muitas vezes são interpretados pelos alunos como algo a ser memorizado e copiado e não resignificado através da interação com as concepções prévias, pois estas não foram evocadas para a elaboração das representações.

Ocorreu um aumento de frequência da ocorrência da categoria 2, nos desenhos de pós-teste (39%) em relação ao pré-teste (26%). Este aumento pode ser explicado ou pela provável inadequação da tarefa instrucional do pós-teste em relação à tarefa de pré-teste (que pode não ter favorecido a relação dos conhecimentos prévios com os novos conhecimentos), ou pelo fato dos alunos não possuírem conhecimentos prévios para compreender a tarefa proposta. Segundo Ausubel (1982) o conhecimento prévio é um dos fatores mais importantes para a aprendizagem significativa.

Moreira (2007) realizou um estudo sobre o ensino de biologia com alunos do ensino fundamental com dramatização e uso de objetos, na demonstração dos elementos celulares (ácidos nucléicos). Este autor observou a importância da construção de conceitos a partir das representações dos alunos (concepções prévias).

Foi identificada (em pré e pós-teste) dificuldade na elaboração de conhecimentos que indicam que o aluno está compreendendo os conceitos dos processos de membrana, isto é, ele demonstra uma aprendizagem fragmentada destes mecanismos (26% e 39%, respectivamente). As demais categorias (1, 3, e 4), apresentaram percentuais muito inferiores de aprendizagem indicativa de incompreensão dos conceitos (2% em pré-teste e 0% e 2% em pós-teste). Isto significa que deve ocorrer uma mudança na maneira como se desenvolvem os conceitos relativos à dinâmica na membrana, enfatizando as situações que demonstrem continuidade entre os processos de transporte e digestão celular com as concepções prévias dos alunos.

Considerações finais

O referencial de Ausubel não só contribui para o professor identificar dificuldades na aprendizagem, como também proporcionou a reflexão sobre estas dificuldades, possibilitando o redirecionamento da sua prática, através do reconhecimento dos elementos cognitivos que devem ser desenvolvidos. Portanto, este trabalho, não se limitou a identificar a ocorrência ou não de modelos mentais resultantes de uma aprendizagem significativa. Após a análise dos pré-testes, procurou-se enfatizar na tarefa instrucional do pós-teste, a relação entre os conhecimentos prévios com os novos conceitos da matéria de ensino.

O caminho pedagógico de proporcionar ao aluno possibilidades de construir seus próprios conhecimentos, através da reflexão e da criatividade, conduz à percepção da importância de conhecer os processos cognitivos do aluno, “materializados” através de representações externas (desenhos), e desta forma, redirecionar o “fazer pedagógico” (Moreira, et. al. 2002).

Ausubel (1982, 2003) afirma a importância de relacionar elementos cognitivos prévios com aqueles constituintes da cultura e educação do indivíduo. Nesta interação, aluno e conhecimento se transformam, pois o indivíduo, em sua criatividade, produz a aprendizagem significativa, que não é similar aos seus conhecimentos prévios e tampouco aos conhecimentos que lhe foram ensinados. Por isto, o conhecimento é “indeterminado”, pois cada sujeito é único e são únicos os significados que a partir dele se estabelecem.

Referências

Ausubel, D. P. (1976). *Psicologia educativa: um ponto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas.

Ausubel, D. P. (1982). *A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes.

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Freire, P. (2000). *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz & Terra.

Greca, I. M. (2005). *Representaciones mentales/Texto de Apoyo nº 7*. Burgos/Porto Alegre: Universidade de Burgos/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Programa Internacional de Doctorado em Enseñanza de las Ciencias).

Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge: Cambridge University Press.

Johnson-Laird, P. (1987). Modelos mentais em ciência cognitiva. Em: D Norman (Ed.) *Perspectivas de la ciência cognitiva* (pp. 179-231), Barcelona: Paidós.

Junior, A. N. V.; Colvares, L. D. (2010). Os modelos mentais de frações: como universitários lidam com conceitos fundamentais de matemática? *Ciências & Cognição*, 15(1), p.124-136.

Moreira, M. (1997). Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(3), p.193-232.

Moreira, M. A.; Greca, I. M. & Palmero, M. L. R. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação e Ciências*, 2(3), p.36-56.

Moreira, M. A.; Masini, E. F. S. (2006). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Centauro.

Moreira, L. M. (2007). O uso do corpo como ferramenta pedagógica: um modelo alternativo que desconsidera a ausência de recursos específicos para o ensino de bioquímica e biologia molecular no ensino fundamental. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, artigo D, 1.

Otero, M. R.; Moreira, M. A. & Greca, I. M. (2002). El uso de imágenes en textos de física para La enseñanza secundaria y universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(2), p.127-154.

Tauceda, K. C.; Nunes, V. M. & Del Pino, J. C. (2011). O livro didático e as representações mentais de bioquímica e biofísica em alunos do ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 6(1), p.57-68.

Vosniadou, S; Brewer, W. F. (1992). Mental models of the Earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, v. 24, p. 535-585.

Vosniadou, S. (1994). *Capturing and modeling the process of conceptual change*. *Learning and Instruction*, v. 4.

Recebido em: 01.10.13

Aceito em: 24.06.14