

O Desenvolvimento Conceitual de um Estudante de Ensino Médio sobre a Estrutura da Matéria na Explicação de Fenômenos: Um Estudo Longitudinal

Student's Conceptual Development in Explaining Phenomena using the Concept of Structure of Matter: A Longitudinal Study

Miriam Possar do Carmo, Maria Eunice Ribeiro Marcondes, Luciane Hiromi Akahoshi

Universidade de São Paulo
mipcarmo@iq.usp.br, mermarco@iq.usp.br, luhoshi@iq.usp.br

Resumo

Este estudo apresenta a análise do desenvolvimento conceitual de um estudante, ao longo do Ensino Médio, ao manifestar explicações sobre fenômenos do seu cotidiano. Foram empregadas três dimensões de análise: natureza corpuscular da matéria, natureza elétrica da matéria e interações intra e inter-partículas. O conhecimento individual do estudante foi extraído de suas respostas a questionários e entrevistas realizados durante os três anos do Ensino Médio. Os modelos explicativos manifestados pelo estudante, para cada conceito explorado nas dimensões de análise, possibilitaram a elaboração de mapas cognitivos que permitiram avaliar seu desenvolvimento conceitual. Os resultados indicaram que ideias sobre a natureza da matéria, como descontinuidade, espaços vazios e movimento não se aproximaram de um modelo aceito cientificamente, de modo a superar os aspectos macroscópicos da matéria, na explicação de suas propriedades e comportamento.

Palavras chave: estrutura cognitiva, desenvolvimento conceitual, concepções.

Abstract

This study presents an analysis of a High School student's conceptual development in order to express her explanations of everyday phenomena using the concept of structure of matter. Three analytical dimensions were elaborated: particle model of matter, electrical model of matter and intra- and inter-particle interactions. The individual student's knowledge was extracted from her answers to questionnaires and interviews conducted during the three years of High School. Explanatory models expressed by the student, for each concept explored in the three dimensions of analysis enabled the creation of cognitive maps, which allowed assessing her conceptual development. The results indicated that ideas about the nature of matter, such as discontinuity, empty spaces and movement did not approach a scientifically accepted model in order to overcome the macroscopic aspects of the matter, in explaining their properties and behavior.

Key words: cognitive structure, conceptual development, conceptions.

Introdução

A formação da estrutura cognitiva depende, entre outros fatores, do modo como o indivíduo percebe os aspectos do mundo pessoal, físico e social. Por meio da aprendizagem, produzem-se alterações da estrutura cognitiva ou compreensão interna da situação e de seu significado. Isto pressupõe a origem de novos conceitos interiorizados, novas estruturas mentais, novas atitudes com as quais os alunos poderão analisar e solucionar problemas. Existe, portanto, um processo de reflexão, já que se trata da incorporação consciente e responsável de fatos, conceitos, situações e experiências. No entanto, se o indivíduo não tiver intenção de associar o novo conhecimento, ou se ocorrer pouca interação com a estrutura de conceitos já existentes, poderá ocorrer a memorização mecânica ou repetitiva de dados, fatos ou conceitos, pois a nova informação permanecerá isolada do restante do corpo de seus conhecimentos. Neste caso, a nova informação é armazenada de forma arbitrária, não ocorrendo interação com aquelas já presentes (ONTORIA et al., 1994). Portanto, conhecer as concepções que os estudantes trazem para a sala de aula, ou seja, as ideias ou concepções prévias, é de fundamental importância para que se estabeleçam ligações entre o que se pretende ensinar e o que o aluno já conhece (MOREIRA; MANSINI, 1982).

Embora consideradas vagas, pouco definidas, estáveis, resistentes à alteração, estas ideias satisfazem muitas vezes os pontos de vista do indivíduo e podem se tornar inibidoras da construção de conceitos (POZO et al., 1991). Ainda, para esse autor, as possíveis causas do surgimento dessas concepções alternativas podem estar ligadas ao pensamento dominado pela percepção, interesse pelo aparente, raciocínio causal linear, domínio de conceitos indiferenciados, pensamento dependente do contexto que o ative. Esses conhecimentos prévios são muito estáveis e podem ser ativados com bastante facilidade, uma vez que são utilizados repetitivamente no cotidiano dos indivíduos, sendo, portanto, difíceis de serem superados.

Com base nessas ideias, buscou-se conhecer como as concepções do estudante sobre a natureza da matéria foram se modificando ao longo do ensino na explicação de fenômenos, quando ele utilizou ideias em nível submicroscópico e quais possíveis dificuldades surgiram ao manifestar suas explicações. Além disso, os modelos explicativos apresentados pelo aluno foram comparados com o modelo aceito cientificamente e classificados em níveis de compreensão.

Fundamentação Teórica

Diversas abordagens tentam interpretar como os conceitos evoluem. O conhecimento adquirido pelos alunos não pode ser visto como um acúmulo de conceitos fragmentados, isolados em suas mentes e desvinculados de contextos, mas conectados e interligados com coerência quando uma explicação é exigida, principalmente na interpretação dos fenômenos que os cercam e na resolução de problemas.

Adadan, Trundle e Irving (2010) descrevem a progressão de aprendizagem como formas sucessivas e cada vez mais sofisticadas de raciocínio sobre um tema ao longo de um período de tempo e variam de aluno para aluno em relação às concepções existentes em sua estrutura cognitiva, contexto e instrução.

Segundo Martínez (1999), o processo de desenvolvimento do conhecimento é evolutivo e a autora considera que parte dos significados atribuídos aos conceitos de uma teoria pode ter origem a partir do significado de formulações anteriores. Desta forma, a aquisição de conceitos poderia ser vista como a incorporação e eliminação gradual de certas qualidades da concepção inicial, na qual se modificaria. Além disso, destaca a autora que pode existir a possibilidade de o aluno dispor de um determinado esquema e não o ativar em uma determinada situação e sim em outras, ou ainda de se ativarem concepções distintas, o que pode estar relacionado à existência de esquemas distintos que convivem no pensamento do aluno.

Segundo Benarroch (2000;2001), à medida que o aluno progride em suas explicações para interpretar um fenômeno, supõe-se um ganho em seu sistema cognitivo, o que permite a elaboração de concepções mais consistentes e conseqüentemente construtos de níveis mais elevados.

Concordamos com as ideias dessa autora, que em linhas gerais argumenta que a evolução conceitual pode ser analisada a partir da interpretação das respostas dos alunos, considerando dois planos: o plano observável e o não observável da cognição. No plano observável, situam-se as respostas e os esquemas explicativos dos alunos. No plano não observável se situam os esquemas operatórios e os esquemas específicos. As respostas dadas pelos estudantes (verbais, escritas, desenhos, ações) frente a uma dada situação são resultantes da ação desses esquemas operatórios e específicos (BENARROCH, 2000).

Para a autora (BENARROCH, 2001), os esquemas operatórios são responsáveis por um nível de abstração mais elevado, pelas inter-relações conceituais realizadas pelos estudantes e, deste modo, responsáveis pelos efeitos de transferência advindos do desenvolvimento cognitivo do estudante. No entanto, esse nível de abstração pode não ser refletido de forma imediata no processo de aprendizagem, pois poderiam estar envolvidas competências, as quais se constituem em barreiras cognitivas. A cada enriquecimento do nível de conhecimento (esquemas operatórios) há um ganho nos esquemas específicos, que surgem de abstrações simples ou empíricas das propriedades dos objetos, resultando uma conceitualização descritiva dos mesmos. Os esquemas específicos sofreriam evoluções em função dos esquemas operatórios. Assim, os modelos explicativos dos alunos (respostas dadas a uma determinada situação) seriam manifestações advindas de um processo de reflexão em que são ativadas, em diferentes graus, as estruturas cognitivas internas.

Benarroch e Marín (1998) defendem ainda que, diante da realidade, o sujeito, graças as suas abstrações empíricas – fase “intrafactual” –, adquire os primeiros esquemas específicos e, a partir de abstrações reflexivas, provoca uma ligação “interfactual” destes esquemas específicos entre si e também com outros esquemas. Deste modo, se amplia a extensão do domínio do conhecimento, que após uma ou várias fases interfactuais, resulta em uma fase “transfactual”, na qual a abstração de forma refletida origina uma explicação causal necessária, com respostas elaboradas. Por estes supostos teóricos, os autores concluem que em um determinado nível de esquemas operatórios, os esquemas específicos experimentam enriquecimentos progressivos.

Metodologia

O estudo longitudinal apresentado neste trabalho é um recorte do projeto de pesquisa de doutorado de uma das autoras. Trata-se de uma pesquisa de natureza qualitativa, na qual, realizou a coleta de dados durante três anos, em uma escola de ensino básico da rede pública do Estado de São Paulo, situada na região central de Santo André - SP. Os dados foram

coletados por meio de instrumentos (questionários e entrevistas) contendo questões abertas e fechadas acerca de fenômenos do cotidiano em que os alunos deveriam elaborar explicações, desenhos e esquemas utilizando conceitos relacionados à estrutura da matéria. A coleta de dados foi realizada em três momentos - antes do processo de ensino, durante o ensino e após o ensino. Essa coleta de dados foi caracterizada em cinco períodos conforme mostra a figura 1.

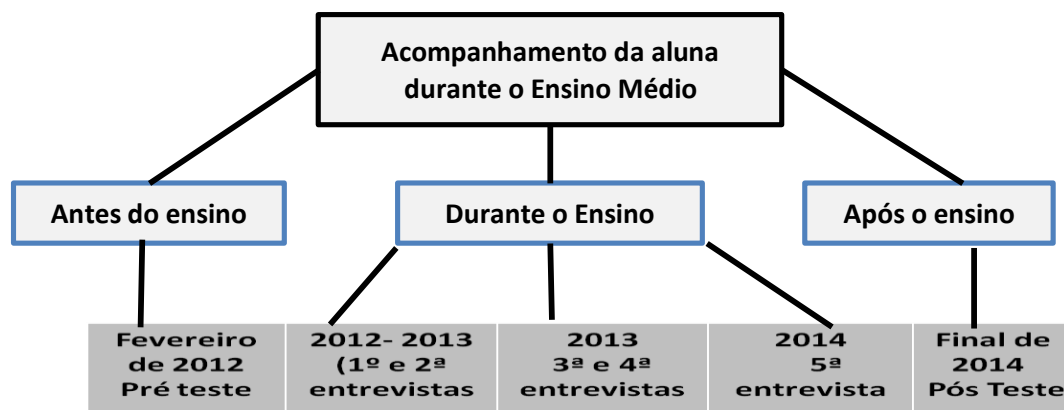


Figura 1: Coleta de Dados

A finalidade do pré-teste foi a de investigar as concepções prévias dos alunos sobre alguns aspectos da matéria e sua estrutura, tais como: crenças sobre a natureza, estrutura ao nível atômico molecular, ideias sobre a existência de movimento e espaços vazios entre as partículas, natureza elétrica incluindo forças eletrostáticas intra e inter partículas com a utilização dessas ideias na explicação de fenômenos. Após a análise das respostas dos alunos as mesmas foram agrupadas em três dimensões de análise que abrangeram um conjunto de conceitos: 1ª dimensão - Natureza da Matéria - descontinuidade da matéria e reconhecimento do movimento e da estrutura do átomo com a identificação de suas partes (eletrosfera e núcleo) e partículas; 2ª dimensão - Natureza Elétrica da Matéria - condutibilidade elétrica, formação de íons e movimentação de elétrons; 3ª dimensão - Interações Intra e Inter Partículas.

Durante o processo de ensino foram acompanhadas duas aulas semanalmente gravadas em áudio, principalmente quando eram tratados conceitos submicroscópicos de interesse da pesquisa. Ainda, nesse período, entrevistas semi estruturadas foram realizadas com um grupo de 10 alunos durante todo estudo longitudinal.

Nesse trabalho será apresentada a análise do desenvolvimento conceitual de uma aluna, denominada de aluna A. Para essa finalidade, foram construídos quatro mapas cognitivos a partir de sucessivas leituras das concepções manifestadas pela aluna aos instrumentos apresentados (pré-teste, entrevistas, pós-teste). Esses mapas cognitivos foram elaborados, com a ajuda da ferramenta CmapsTools, sendo que o mapa 1 explicita as concepções da aluna sobre seu entendimento em relação a natureza corpuscular da matéria, o modelo representativo do átomo, identificação e reconhecimento das partes e partículas do átomo; o mapa 2 explicita as concepções da aluna sobre movimento e espaços vazios das partículas – 1ª dimensão de análise; o mapa 3 explicita as concepções da aluna sobre a natureza elétrica da matéria – 2ª dimensão de análise; e o mapa 4 explicita as concepções da aluna sobre as interações intra e inter partículas – 3ª dimensão de análise.

Os modelos explicativos explicitados pela aluna para os conceitos em cada dimensão de análise foram classificados em níveis de compreensão, aos quais foram atribuídos valores numéricos que variaram de 1,0 a 4,5, considerando-se o tipo de explicação apresentado pelo

aluno: explicação em nível macroscópico (valores fracionados) e explicações em nível submicroscópico (valores inteiros) conforme indicado no quadro A.

Tipo de Explicação	Valor Atribuído	Classificação	Descrição do nível de compreensão
Macroscópica	Nível 4,5	Boa	O aluno tem bom entendimento dos conceitos, na interpretação dos fenômenos, explicações apresentam coerência com os modelos científicos.
Submicroscópica	Nível 4		
Macroscópica	Nível 3,5	Alguma	O aluno expressa algum entendimento dos conceitos na interpretação dos fenômenos com capacidade limitada de vincular as ideias macroscópicas e submicroscópicas. Considera-se a existência de um modelo explicativo em construção.
Submicroscópica	Nível 3		
Macroscópica	Nível 2,5	Vaga	O aluno apresenta vago entendimento dos conceitos na interpretação dos fenômenos com nenhuma capacidade de vincular as ideias macroscópicas e submicroscópicas.
Submicroscópica	Nível 2		
Macroscópica	Nível 1,5	Insuficiente	O aluno não expressa nenhuma informação relevante em suas explicações, ou ainda escreve que não sabe ou não acredita.
Submicroscópica	Nível 1		

Quadro A: Níveis de compreensão das concepções

Valores maiores implicam no aumento do nível de sofisticação dos modelos explicativos dos alunos relacionados, portanto, ao grau de reflexão quando manifestam explicações utilizando conceitos submicroscópicos sobre a estrutura da matéria.

Resultados e Discussões

Os mapas cognitivos possibilitaram verificar o desenvolvimento conceitual da aluna ao longo do estudo longitudinal de forma que os modelos explicativos por ela apresentados para cada conceito em cada dimensão de análise, foram classificados de acordo com os níveis de compreensão e apresentados no quadro B. Por falta de espaço, apresenta-se nesse trabalho apenas os mapas 1 e 2 (Figuras 2 e 3) referentes à 1ª dimensão da análise e o resultado dessa análise.

Para estabelecer um nível de compreensão geral da aluna, foram tomados como referência o valor de maior frequência como representativo de sua compreensão.

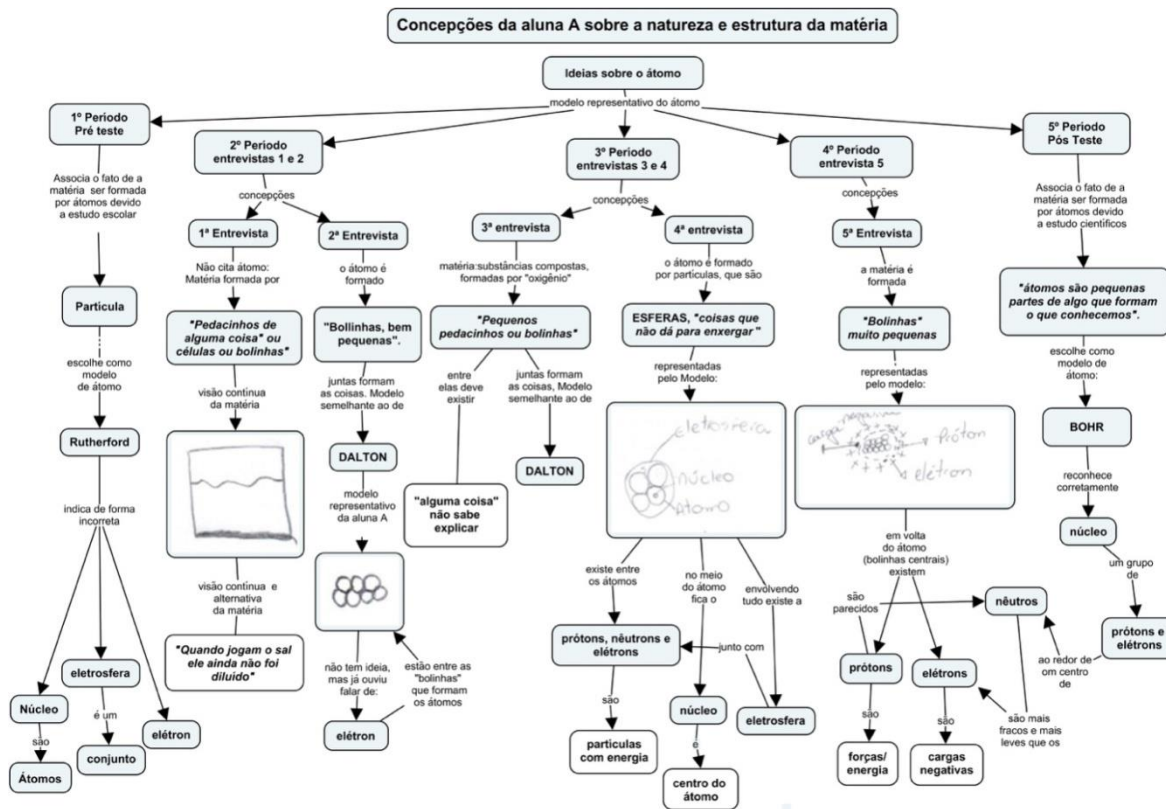


Figura 2: Mapa cognitivo da aluna A referentes a suas ideias sobre a natureza corpuscular da matéria (elaborado pela autora).

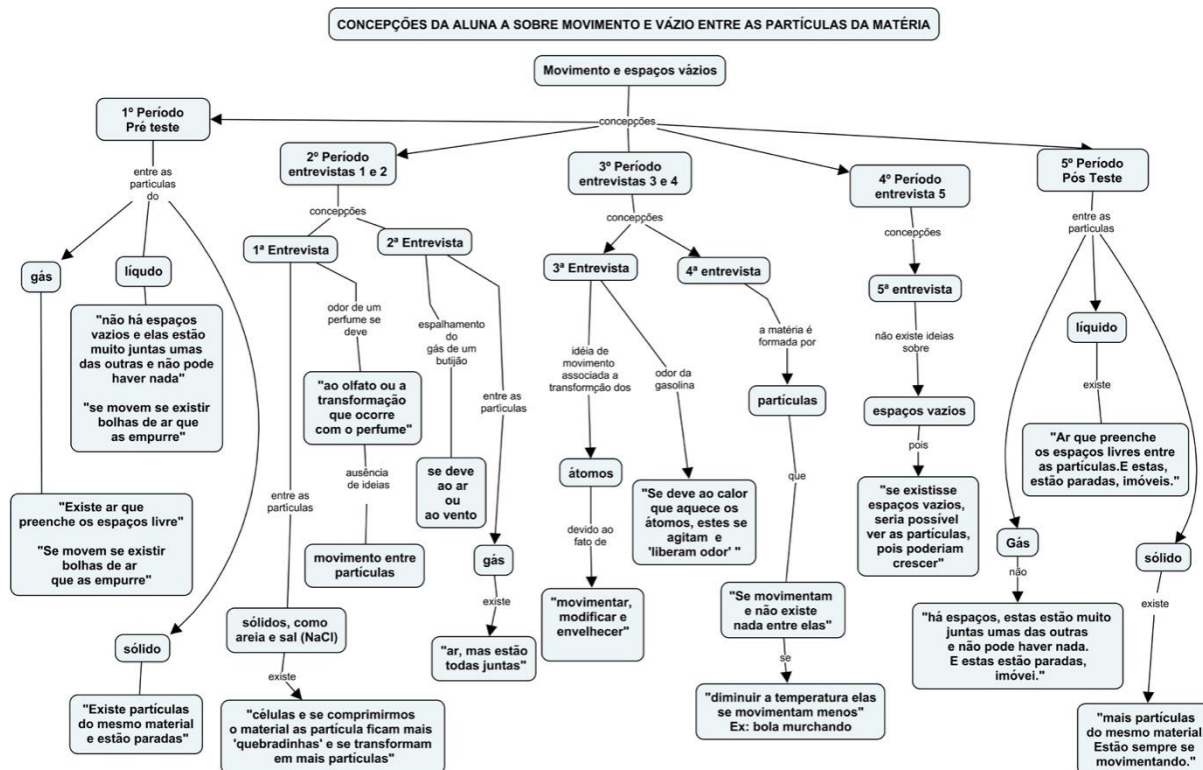


Figura 3: Mapa cognitivo da aluna A referentes a suas ideias sobre movimento e espaços vazios nas partículas (elaborado pela autora).

Na 1ª dimensão de análise, a aluna expressa seu entendimento sobre a matéria ser constituída por átomos com argumentos genéricos, dizendo tratar-se de "pequenas porções de algo, bolinhas, esferas" etc. Em relação às ideias das partes (núcleo e eletrosfera) e partículas (prótons, nêutrons e elétrons), as concepções apresentadas pela aluna são bastante confusas, pois ela não distingue as partes do átomo e as partículas citadas parecem não fazer parte do átomo, exemplificado pelo desenho apresentado na 5ª entrevista (figura 2), na qual o átomo ainda é representado por bolinhas e as partículas parecem estar ao redor delas, assim como as cargas positivas e negativas.

Modelos explicativos em nível submicroscópico	Dimensão de Análise e conceitos explorados	Fases da Coleta de dados							
	1ª Dimensão	1º Período	2º período		3º período		4º período		5º período
	Natureza da Matéria		entrevistas						
Conceitos	Pré teste	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	Pós teste		
Crenças da natureza corpuscular da matéria	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,0		
Modelos representativos para o átomo	3,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0		
Reconhecimento do núcleo do átomo	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0		
Reconhecimento da eletrosfera e do elétron.	2,0	1,0	2,0	1,0	3,0	2,0	2,0		
Idéias da existência de espaços vazios entre as partículas.	2,0	2,0	2,0	-	3,0	2,0	2,0		
Idéia da existência de movimento entre as partículas	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	-	2,0		

Quadro B: Níveis de Compreensão da aluna A na 1ª dimensão

A existência de espaços vazios entre as partículas, não foi manifestada pela aluna, pois para ela há entre essas partículas a existência de ar. A ideia de movimento foi associada ao estado físico da matéria e a fatores externos, tais como agitação, bolhas de ar e temperatura.

Considerando a 1ª dimensão de análise os dados revelaram que a aluna A se encontra no nível de vaga compreensão a respeito da natureza e estrutura da matéria. Além disso, no seu modelo explicativo existem concepções alternativas a respeito da natureza da matéria. Assim, parece não ocorrer uma evolução conceitual marcante para essa aluna, o que implica, segundo Benarroch (2001), que a aluna não estabeleceu relações conceituais suficientes para elaborar um modelo explicativo que mais se aproximasse do modelo científico.

Pode-se destacar que embora o ensino tenha oferecido oportunidades, por meio de discussões, leitura de textos, vídeo, atividades experimentais, para que a aluna pudesse manifestar explicações mais elaboradas sobre a estrutura da matéria, ela não conseguiu reestruturar alguns de seus conceitos, para a elaboração de modelos explicativos mais coerentes do ponto de vista da ciência.

Agradecimentos e apoios

À escola Amaral Wagner, à professora Filomena e aos seus alunos que participaram dessa pesquisa.

Referências Bibliográficas

ADADAN, E.; TRUNDLE, K. C.; IRVING, K. E. Exploring Grade 11 Student's Conceptual Pathways of the Particulate Nature of Matter in the Context of Multirepresentational Instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 47, n. 8, p. 1004-1035, 2010.

BENARROCH, B. A. El Desarrollo Cognoscitivo de los Estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. **Enseñanza de Las Ciencias**, 18(2), p. 235-246, 2000.

_____. Una Interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. **Enseñanza de las Ciencias**, 19(1), p. 123-134, 2001.

BENARROCH, B. A.; MARÍN, M. N. Dependencia de las explicaciones de los alumnos de esquemas de conocimiento específicos y generales. In: HERNÁNDEZ, E. B.; PRO BUENO, A. J. **Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias**. España: DM, p. 67-75, 1998.

MARTÍNEZ, O. J. M. Algunas Reflexiones sobre Las Concepciones Alternativas y el Cambio Conceptual. **Enseñanza de Las Ciencias**, 17(1), p. 93-107, 1999.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

ONTORIA, A.; BALLESTEROS, A.; CUEVAS, C.; GIRALDO, L.; GÓMEZ, J.; MARTÍN, I.; MOLINA, A.; RODRIGUEZ, A.; VÉLEZ, U. **Mapas Conceituais: Uma Técnica para Aprender**. Lisboa: Edições Asa, 1994.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G.; LIMON, M.; SERRANO, S. A. **Procesos cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química**. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, CIDE-MEC, 1991.