

## UTILIZAÇÃO DO MODELO DIDÁTICO ANALÓGICO (MDA) NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA EXPERIÊNCIA SOBRE A ESTRUTURA DA TERRA

*Use of didactic analogical model (MDA) in science education: an experience about the structure of the earth*

**Diana Borges dos Santos** [diusp@usp.br]

**María Elena Infante-Malachias** [marilen@usp.br]

*Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH) Universidade de São Paulo.*

*Av. Arlindo Bettio, nº 1000. Ermelino Matarazzo, CEP: 03828-000, São Paulo, SP – Brasil.*

### Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma sequência de aulas utilizando o Modelo Didático Analógico (MDA) com o intuito de contribuir na aprendizagem dos estudantes e promover a metacognição. O MDA é um modelo onde os alunos elaboram analogias, com o auxílio do professor, relacionando elementos do cotidiano e elementos da ciência escolar. Nesta sequência, estudantes de quinto ano do ensino fundamental utilizaram abacates como elementos do cotidiano e como elementos da ciência a estrutura da Terra. Os resultados permitem perceber que a utilização do MDA favoreceu a aprendizagem dos alunos, o que pode ser evidenciado nas relações estabelecidas entre o conteúdo da ciência escolar e os elementos do cotidiano, assim como nas explicações destas relações que demonstram o exercício da metacognição.

**Palavras-Chave:** Modelo Didático Analógico; Ensino de Ciências; Metacognição.

### Abstract

This text describes the use of a didactic sequence using the Didactic Analogic Model (MDA, in Portuguese) to contribute and promote the metacognition and learning of students from basic school. The MDA is a model where students can draw analogies with the aid of professor, and establish relationships between elements of everyday life and elements of scholar science. In our case the elements of everyday life were avocados and the elements of the scholar science were the structure of the earth. The results shows that the use of MDA favored students learning, which can be evidenced in the relations established between the scholarly contents and the elements of everyday life, and the explanations of these relationships, elaborated by the students that demonstrate the exercise of metacognition.

**Keywords:** MDA; Science Education; Metacognition.

## Introdução

O ensino de ciências em geral tem sido marcado por um estilo rígido e impessoal, cuja principal função tem sido avaliar se o conhecimento foi transmitido corretamente. Nesta perspectiva alguns autores tem apontado uma crise no ensino de ciências (Cachapuz, 1989; Lemke, 2006; Cachapuz *et al*, 2005 e Pozzo & Crespo, 2009).

Esta situação pode provocar dificuldades no aprendizado dos estudantes e um distanciamento entre a linguagem utilizada cotidianamente por estes e a linguagem erudita utilizada pelos professores.

Para tentar minimizar tais dificuldades desenvolvemos algumas atividades para o ensino de ciências de estudantes do quinto ano do ensino fundamental de uma escola da rede pública da cidade de São Paulo utilizando como estratégia o Modelo Didático Analógico (MDA) no decorrer de um projeto de Iniciação Científica com a finalidade de auxiliar no aprendizado dos alunos e promover a metacognição.

## Analogias e o Modelo Didático Analógico

Existem diversas definições para o conceito de analogia, e estas são usadas conforme a perspectiva de cada autor. Uma dessas definições indica que: “Analogia é um processo cognitivo que envolve uma comparação explícita de duas coisas, uma definição de informações novas em termos já familiares” (Newby, 1987 apud Duarte, 2005, p. 2). Para outros autores uma analogia é uma “Comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, um conhecido e outro desconhecido” (Duit, 1991; Tregust, 1992 apud Duarte, 2005, p. 2).

Consideraremos para este trabalho a definição de analogia como: as comparações ou relações estabelecidas entre um elemento conhecido e outro pouco conhecido ou desconhecido (Duarte, 2005). As analogias podem contribuir com a aprendizagem em diversos aspectos, como na ativação do raciocínio analógico, na organização da percepção e desenvolvimento de capacidades cognitivas, por exemplo, a criatividade e a tomada de decisões; além disso, as analogias também podem propiciar que o conhecimento científico se torne mais inteligível e plausível para o estudante, o que facilita a compreensão e visualização de conceitos abstratos (Duarte, 2005).

Entretanto, se uma analogia não for utilizada da forma correta pode conduzir a dificuldades no aprendizado. Uma das dificuldades é que os estudantes interpretem a analogia como uma aproximação correta do conceito em estudo, se observem apenas alguns detalhes nela sem se chegar ao conceito científico alvo da analogia, ou o raciocínio analógico pode não ser alcançado, resultando na falta de compreensão da analogia (Duarte, 2005).

Mas qual seriam as formas adequadas de utilização das analogias? Duarte (2005) propõe que elas podem ser usadas através de três modelos distintos: o Modelo centrado no professor, onde o professor elabora a analogia; o Modelo centrado no aluno, em que o aluno cria a analogia; e o Modelo centrado no professor e no aluno, onde há interatividade entre ambos. A proposta de Galagovsky e Aduriz-Bravo (2001) o Modelo Didático Analógico se encaixa neste último modelo, e nele centramos a atividade descrita a seguir.

### O Modelo Didático Analógico

O Modelo Didático Analógico (MDA) (Galagovsky & Aduriz-Bravo, 2001) consiste num modelo de analogias centrado no professor e no aluno, onde o aluno elabora as analogias e dialoga com o professor que conduz as etapas de ensino. No MDA há quatro momentos de elaboração das analogias (Haim *et al*, 2003; Aduriz-Bravo *et al*, 2005), a saber:

1. **Momento Anedótico:** momento em que os estudantes entendem a situação analógica

proposta pelo professor. Normalmente se aborda o MDA antes do tema específico, ou seja, seu referente científico, e após os estudantes compreenderem a situação analógica proposta podem formular hipóteses sobre as formas como ocorrem diferentes fenômenos do análogo e como eles podem se relacionar com a linguagem erudita.

2. **Momento de Conceitualização:** momento em que o professor apresenta a informação proveniente da ciência erudita, que chamaremos de ciência escolar. Depois de trabalhada a situação analógica proposta, sendo esta apoiada nos conhecimentos prévios dos estudantes, apresenta-se a informação da ciência escolar, que pode ter o formato de um texto ou de uma exposição feita pelo professor e deve ter uma linguagem adaptada ao nível de escolaridade dos estudantes. Posteriormente, os estudantes podem levantar hipóteses que relacionem o MDA com a linguagem da ciência, através de suas semelhanças e diferenças.

3. **Momento de correlação conceitual:** neste momento os estudantes analisam a situação do cotidiano e o conteúdo escolar e estabelecem relações e comparações, elaboram a suas analogias.

4. **Momento de metacognição:** momento em que os estudantes refletem e tomam consciência sobre os conceitos novos que devem aprender. Esta etapa requer uma análise rigorosa por parte deles, a fim de que consigam explicar os processos pelos quais elaboraram a analogia.

Resumidamente, a ideia do MDA é que os estudantes elaborem analogias relacionando os elementos do cotidiano com elementos da ciência erudita e elaborem explicações para a elaboração dessas analogias.

A experiência apresentada neste artigo apresenta a vivência de estudantes do ensino fundamental com o MDA, para elaborar analogias sobre a estrutura da Terra. Para isso foram utilizados como elementos do cotidiano alguns frutos de abacate. Os elementos da ciência escolar se referem à estrutura interna da Terra, isto é, crosta, manto e núcleo. Sendo assim, os estudantes deveriam elaborar analogias entre os elementos do cotidiano e os elementos da ciência escolar, relacionando-os e justificando as relações no decorrer das atividades desenvolvidas. Os elementos do cotidiano e os elementos da ciência poderiam se relacionar da seguinte forma: a casca do abacate é análoga à crosta terrestre; a polpa do abacate corresponde neste modelo ao manto terrestre; e o caroço do abacate corresponde ao núcleo da terra. Mas, é importante deixar claro que estas são apenas possíveis ideias, uma vez que os estudantes poderiam elaborar qualquer analogia, uma vez que as mesmas precisavam fazer sentido para eles e tinham que conseguir justificá-las.

Neste texto relatamos a experiência de avaliar a aplicação do MDA com o propósito de verificar de que forma os estudantes de quinto ano de uma escola de ensino fundamental da rede pública da cidade de São Paulo, elaboraram as suas analogias e de que forma as justificaram.

## **A Metacognição**

Há inúmeras definições deste conceito na literatura, por exemplo, como aponta Ribeiro (2003), metacognição como o conhecimento do próprio conhecimento, dos processos cognitivos e das suas formas de operação, e como controle executivo (regulação ou monitorização cognitiva); metamemória (conhecimento sobre a memória, e não o seu controle) que se refere ao conhecimento sobre os próprios processos cognitivos, excluindo os processos executivos. Adotamos aqui o sentido etimológico da palavra metacognição, que significa para além da cognição, ou seja, a faculdade de conhecer o próprio ato de conhecer, ou ainda, conscientizar, analisar e avaliar como se conhece (Ribeiro, 2003).

O exercício de pensamento através da metacognição não é comumente usado nos ambientes escolares, mas como aponta Flavell *et al.* (1999) as habilidades metacognitivas são úteis

no aprendizado escolar e os estudantes são deficientes nelas, então talvez estas habilidades possam e devam ser ensinadas como parte integrante do currículo escolar.

### **Desenvolvimento das atividades**

As atividades apresentadas neste artigo foram desenvolvidas no contexto de um projeto de Iniciação Científica, durante o mês de junho de 2008 com alunos de duas turmas de quinto ano de ensino fundamental da escola pública estadual Benedita de Rezende, na região de Ermelino Matarazzo, em São Paulo. A princípio em cada uma das turmas, denominadas de 5<sup>o</sup>A e 5<sup>o</sup> B, havia cerca de quarenta e cinco estudantes. Para a sequência didática sobre a estrutura da terra utilizando o MDA foram ministradas cinco aulas com aproximadamente cinquenta minutos cada, em cada classe separadamente abordando os mesmos conteúdos. Na primeira aula, os estudantes foram organizados em grupos com quatro alunos cada, e foi proposta uma reflexão sobre a estrutura de um abacate, ou seja, a respeito da casca, da polpa e do caroço, com as seguintes questões: como seria o abacate se: tivesse menos polpa ou se não tivesse a casca? E se o caroço fosse muito grande ou a casca fosse muito fina? E se a polpa fosse muito dura ou não existisse o caroço?

Após a discussão através destas perguntas, os estudantes tiveram o primeiro contato com os abacates, e como atividade, deveriam descrever cada parte do mesmo (a casca, a polpa e o caroço), suas características, onde se localiza cada parte no abacate, assim como sua utilidade. Tais informações foram organizadas numa tabela em grupo. A segunda aula foi o complemento desta, com a finalidade de terminar a referida atividade proposta. Utilizando a tabela de características do abacate preenchida na segunda aula, foi elaborado um consenso de cada uma das características com a participação dos estudantes, ainda em grupo e com o auxílio da pesquisadora. Dessa forma, nessa terceira aula, as definições de cada parte do abacate foram limitadas a no máximo duas, a fim de que isso facilitasse a realização das atividades posteriores.

É importante salientar que essas três primeiras aulas correspondem ao primeiro momento do MDA, o momento anedótico, onde os alunos tiveram contato apenas com os elementos do cotidiano.

Na quarta aula, a pesquisadora ministrou uma aula que abrangia a formação do universo, a estrutura terrestre, a constituição da Terra e a ideia de deriva continental. Para auxiliar na visualização de alguns dos conceitos trabalhados em aula, foram utilizados diferentes livros didáticos, obtidos da biblioteca da própria unidade de ensino em que foi realizada a pesquisa. Também foi utilizado um texto complementar, elaborado pelas autoras deste artigo, que resumia todos os temas apresentados na aula, com a finalidade de retomar os conceitos apresentados em aula, já que fora pedido que esse texto fosse lido como uma tarefa fora de sala. Dessa forma, a quarta aula representa o momento de conceitualização onde se apresentou aos alunos a informação proveniente da linguagem da ciência escolar.

Na quinta e última aula estavam presentes apenas vinte alunos da turma 5<sup>o</sup>A e sete da turma 5<sup>o</sup> B, devido ao fato de que a finalização da pesquisa foi realizada no começo do mês de julho, próximo às férias escolares. Como atividade final e individual, os alunos responderam a uma atividade dividida em duas partes. Na primeira parte deveriam relacionar a estrutura da Terra com a estrutura do abacate explicando cada uma dessas relações por escrito, momento que corresponde à correlação conceitual. A segunda consistiu de questões dissertativas a respeito da forma como os estudantes aprenderam e sobre o que aprenderam. Este momento corresponde ao momento de metacognição. As questões respondidas pelos estudantes são:

1. O que você aprendeu nas atividades de ciências com a professora?
2. Quais são as relações que você pode fazer entre a estrutura de um abacate e a estrutura da Terra?

3. Levando em consideração as suas respostas anteriores, tente descrever como você aprendeu.

4. Você considera que aprendeu e pensou mais sobre o assunto estrutura da Terra após as atividades com os abacates? Por quê?

As atividades propostas na quinta aula correspondem aos momentos de correlação conceitual e de metacognição onde os alunos refletem e tomam consciência sobre o que aprenderam e tentam explicar as relações e os processos pelos quais elaboraram a analogia.

## **Resultados da Experiência**

As atividades analisadas correspondem à primeira parte da atividade do MDA realizada na pesquisa, ou seja, se refere às relações entre as estruturas do abacate e da Terra e suas respectivas explicações. Para analisar os dados coletados, que correspondem a vinte e sete atividades realizadas por estudantes de quinto ano do ensino fundamental, foram elaborados domínios de análise que têm como objetivo agrupar respostas semelhantes. Os dois domínios são mostrados a seguir:

### **I – Alcançaram o objetivo totalmente**

Neste domínio se classificam os estudantes que conseguiram relacionar as partes das estruturas da Terra e do abacate de forma satisfatória, ou seja, relacionaram: a crosta com a casca do abacate, o manto com a polpa, assim como o núcleo com o caroço. Além disto, conseguiram explicar o motivo pelo qual fizeram cada relação. Como a grande parte dos estudantes, 21 de 27, foram classificados dentro deste domínio, decidimos subdividi-lo em categorias (categorias IA, IB e IC discutidas mais abaixo) para classificar o motivo das relações estabelecidas. Cada categoria gerou subcategorias.

### **II – Alcançaram o objetivo parcialmente**

No presente domínio foram agrupadas as atividades em que foram relacionados alguns ou todos os conceitos de forma insatisfatória, como a relação entre o núcleo terrestre e a casca do abacate, ou o manto da Terra e o caroço do abacate. Foram consideradas neste domínio as atividades de seis estudantes. Entretanto, algumas dessas relações foram justificadas. Por exemplo, um aluno argumentou que o caroço se parece com a polpa, *“porque o formato é igual só a cor que muda” Estudante 1*. Neste caso percebe-se que o aluno fez uma relação entre as imagens do abacate e da Terra. Da mesma forma podem ser explicadas as justificativas de dois alunos que obtiveram respostas idênticas, afirmando que a polpa se parece com a crosta, *“por que ele é redondo e mole” Estudantes 2 e 3*. Os estudantes não conseguiram justificar suas analogias de forma clara, tentando basear suas justificativas nas características físicas de algum elemento da analogia.

Outro estudante relacionou o manto terrestre e a polpa do abacate, com a justificativa *“porque é molinho” Estudante 4*. Neste caso, pode-se dizer que o aluno estabeleceu essa relação levando em consideração apenas as características físicas do abacate

Por se tratar de estudantes de quinto ano e ainda com alguma dificuldade na escrita, interpretamos os resultados de 2 estudantes como atingindo parcialmente o objetivo de elaborar a analogia, pois na leitura das explicações pode-se perceber a compreensão deles. Dessa forma, um dos estudantes estabeleceu as seguintes relações com clareza: casca e crosta, caroço e núcleo, polpa e manto, mas não soube explicar as relações, justificando a primeira relação mencionada como: *“porque eu acho igual”*, sendo que as outras duas relações foram explicadas com o seguinte argumento: *“por que eles são iguais”*, Estudante 5.

O segundo aluno, cuja atividade foi classificada nesta categoria, não conseguiu explicar com clareza as relações, relatando que a *“polpa fica na casca”*, como justificativa de que *“a crosta*

*fica acima da casca” Estudante 6, ou seja, que a crosta fica em cima da casca. Nas outras relações essas características se repetem, pode-se então, levar em conta a hipótese de que esse aluno não compreendeu a proposta da atividade ou que isso se deve a uma perceptível dificuldade de expressão através da escrita.*

Como mencionado anteriormente, no domínio **I – Alcançaram o objetivo totalmente** foram adequadas às atividades desenvolvidas por 21 estudantes. As justificativas elaboradas pelos estudantes foram analisadas com mais detalhes e classificadas nas categorias a seguir.

### **IA: Análise das analogias entre a casca do abacate e a crosta terrestre**

Verificamos que as analogias entre a casca do abacate e a crosta terrestre foram justificadas de três formas diferentes, resultando em três subcategorias.

**a – Relação entre casca e crosta devido à semelhança:** Das 21 atividades iniciais, 8 se adequam a esta subcategoria. Alguns exemplos de justificativas entre a casca do abacate e a crosta terrestre escritas independentemente por alguns estudantes são: *“porque ela redonda que nem a crosta”*; *“Parece muito com a estrutura do abacate”*; *“Por que no desenho que eu vi da crosta terrestre para mim parecia um abacate estragado”*.

**b - Relação entre casca e crosta devido a ambos serem exteriores:** Nesta categoria foram consideradas 10 atividades dentre 21. Algumas das justificativas elaboradas são: *“porque a casca fica do lado exterior do abacate e a crosta também”*; *“Porque a casca do abacate fica por fora do abacate e a crosta também fica por fora da Terra”*; *“Porque a crosta fica por cima do manto e a casca fica por cima da polpa”*.

Percebe-se que os alunos estabeleceram uma analogia entre a casca do abacate e a crosta terrestre, que por um lado pode ter ocorrido pela comparação entre as respectivas imagens, mas por outro lado, eles podem ter relacionado às características físicas de cada um.

**c – Relações entre casca e crosta estabelecidas sem clareza:** Apenas 3 das 21 atividades estão nesta categoria. Neste caso, as analogias entre casca e crosta foram estabelecidas sem clareza, sendo que as justificativas para as mesmas são: *“porque os dois começam no início”*; *“porque é importante para todos”*; *“porque ela fica entre a polpa”*.

### **IB - Análise das analogias entre o caroço do abacate e o núcleo da Terra**

**a – Relação entre caroço e núcleo devido à semelhança:** Em 4 atividades, de 21, a justificativa entre o caroço do abacate e o núcleo da Terra se baseou na semelhança. Algumas das justificativas são: *“parece com o núcleo”*; *“o núcleo da estrutura da Terra se parece com o caroço do abacate, porque se parece muito em seu formato e estrutura”*; *“eu fiz essa associação, porque no abacate, por exemplo, é como se fosse o caroço de um abacate, mas é o núcleo do abacate”*.

**b – Relação entre caroço e núcleo por ambos serem interiores:** A grande maioria das atividades se adequa a esta categoria, 15 de 21. Sendo algumas das justificativas: *“por que no meio do abacate fica o caroço e na estrutura da terra também fica uma esfera”*; *“Porque ele fica no meio igual o caroço”*; *“porque fica no centro (o caroço no abacate e o núcleo na Terra)”*.

**c – Relações entre caroço e núcleo divergentes das anteriores:** Apenas dois alunos elaboraram as analogias, mas não conseguiram justificar claramente, com as seguintes justificativas: *“por que ele é duro”* e *“ele fica no outro lado”*.

### **IC - Análise das analogias entre a polpa do abacate e o manto terrestre**

**a- Relação entre polpa e manto devido à semelhança:** Em 8 atividades, a polpa do abacate e o manto terrestre foram considerados semelhantes, dentre as justificativas estão: *“porque as duas ficam no exterior”*; *“Porque o manto fica em cima do núcleo e a polpa fica em cima do caroço”*; *“por que a polpa fica próximo da casca e na estrutura da Terra também, o manto fica próximo da crosta terrestre”*.

**b – Relação entre polpa e manto por ambos serem interiores:** Nesta categoria se encontram 8 atividades, sendo algumas das justificativas: *“fica no meio igualmente a polpa”*; *“por que ele está entre o núcleo e a crosta”*; *“porque e a parte que fica debaixo da crosta ou da casca”*.

**c – Relações entre polpa e manto divergentes das anteriores:** Alguns alunos tiveram uma visão diferente na elaboração das analogias, assim, dois alunos atribuíram características de mole e ou macio para justificar a relação entre a polpa do abacate e o manto da Terra, da seguinte maneira: *“por que ela é mole e macia”*, *“porque e mole”*.

## Considerações Finais

A maioria dos estudantes, 21 de um total de 27, conseguiu elaborar analogias e justificá-las (Domínio I). Percebe-se, através das categorias e subcategorias, que se repetem as justificativas de analogias devido às semelhanças das características físicas da estrutura do abacate e da estrutura da Terra. Essa observação é importante para compreender as limitações de uso de analogias no ensino de ciências, em particular nos anos iniciais da escola básica. As semelhanças físicas foram indicadas de uma forma mais geral, como nas subcategorias (a) de cada categoria, ou de uma forma mais específica, nas subcategorias (b) de cada uma das categorias relacionando as estruturas do abacate com a da Terra.

Quanto às outras subcategorias, em que os objetivos de elaborar adequadamente as analogias não foram alcançados totalmente (c) de cada categoria, podemos deduzir que os estudantes podem não ter compreendido a proposta das atividades, ou que as analogias não fizeram sentido para eles. Porém, em algumas atividades percebe-se que os estudantes não conseguiram expressar seus pensamentos de forma escrita, pois como aponta Vygotsky (1987) o pensamento tem uma estrutura própria e sua transição para a fala e para a escrita não é uma atividade fácil. A dificuldade para expressar as ideias na forma escrita foram evidentes durante a sequência de atividades do MDA.

Através das analogias elaboradas, os jovens estudantes conseguiram transferir os conteúdos de um domínio conceitual e não familiar para um domínio familiar, que fez sentido para eles. Além disso, pensar em uma analogia e justificá-la através da escrita requer uma análise do próprio conhecimento, ou seja, é necessário conhecer o próprio conhecimento e regulá-lo, ou seja, exercitar a metacognição (Ribeiro, 2003), conforme foi proposto nas atividades com os estudantes. Logo, a análise da atividade final do MDA permite perceber que a utilização deste modelo nas aulas de ciências analisadas favoreceu a participação e o interesse dos alunos. Recentemente (autor X1) realizaram atividades utilizando o Modelo Didático Analógico (MDA) entre estudantes universitários e seus resultados indicaram o exercício da metacognição pelos estudantes e a aproximação de uma aprendizagem significativa crítica (Moreira, 2010), sugerindo que atividades como o MDA podem e devem ser utilizadas em todos os anos escolares.

O MDA realizado entre estudantes de quinto ano do ensino fundamental na experiência relatada neste texto favoreceu a aprendizagem dos alunos, o que pode ser evidenciado nas relações estabelecidas entre o conteúdo da ciência escolar (estrutura da Terra) e os elementos do cotidiano (abacates), e nas explicações destas relações que, embora simples, demonstram uma primeira aproximação ao exercício da metacognição. Por outra parte, durante todas as atividades os

estudantes se mostraram envolvidos e interessados nas aulas de ciências, uma vez que estes foram considerados sujeitos agentes da sua aprendizagem participando ativamente das propostas das aulas.

## Referências

- Adúriz Bravo, A., Garófalo, J., Greco, M., & Galagovsky, L. (2005). Modelo didático analógico. Marco teórico y ejemplos. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra. VII congreso, 1-6.
- Cachapuz, A. (1989). Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*. 2 (3), 117- 129.
- Cachapuz, A., Gil-Perez, D., Carvalho, A. M. P., Praia, J., & Vilches, A. (organizadores). (2005). *A necessária renovação do ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez Editora.
- Duarte, M. C. (2005). Analogias na Educação em Ciências: Contributos e Desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*. Acesso em 22 dez., 2012. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/art.1.pdf>.
- Flavell, J.H., Miller, P.H., & Miller, S.A. (1999). *Desenvolvimento Cognitivo*. 3a. Ed. São Paulo, Artmed.
- Galagovsky, L., & Aduriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogias en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didático analógico. *Enseñanza da las ciências*. 19(2), 231-242.
- Haim, L., Cortón, E., Kocmur, S., & Galagovsky, L. (2003). Learning stoichiometry with hamburger sandwiches. *Journal of Chemical Education*, 80 (9), 1021-1022.
- Lemke, J. L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*. 24(1), 5 – 12.
- Moreira, M. A. (2010). Aprendizaje Significativo Crítico. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, 6, 83-101.
- Pozzo, J., & Crespo, M. A. G. (2009). *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed.
- Ribeiro, C. (2003). Metacognição: Um apoio ao processo de aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e crítica*, 16 (1), 109-116.
- Vygotsky, L. S. (2008). *Pensamento e Linguagem* (8<sup>va</sup> Ed.). São Paulo: Editora Martins.