

## Aprendizagem Significativa Crítica pela proposição explicativa de analogias através do Modelo Didático Analógico (MDA)

María Elena Infante-Malachias<sup>1</sup>, Diana Borges dos Santos<sup>2</sup>

[marilen@usp.br](mailto:marilen@usp.br) , [diusp@usp.br](mailto:diusp@usp.br),

<sup>1</sup>EACH, Universidade de São Paulo. Av. Arlindo Bettio N° 1000, Ermelino Matarazzo, São Paulo, Brasil.

<sup>2</sup>Mestranda do Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo. Cidade Universitária s/n, São Paulo, Brasil.

### Resumo

Neste texto faremos referência à Aprendizagem Significativa Crítica que pode ser exercitada por estudantes quando elaboram proposições explicativas em atividades que utilizam analogias para o ensino-aprendizagem de Ciências. Argumentamos que o exercício metacognitivo realizado por estudantes a través da elaboração de analogias e das suas justificativas pode promover e facilitar a Aprendizagem Significativa Crítica dentro do contexto da sala de aula. Neste trabalho descrevemos algumas atividades desenvolvidas por estudantes de um curso de formação de professores de Ciências da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo em Brasil. Os estudantes utilizaram o Modelo Didático Analógico (MDA) para explicar o processo biológico da síntese de proteínas. Embora a investigação que aqui se relata descreva a experiência com alunos universitários, propomos ampliar a reflexão e a discussão sobre a possibilidade de efetivamente levar estas ideias e experiências para o ensino de Ciências em todos os níveis escolares, uma vez que o exercício metacognitivo vivenciado a través do Modelo Didático Analógico promove a tomada de consciência sobre a própria aprendizagem e contribui com a formação de sujeitos autônomos e crítico que é um dos fundamentos para a Aprendizagem Significativa Crítica.

**Palavras chave:** Aprendizagem Significativa Crítica, Ensino de Ciências, Modelo Didático Analógico.

### Meaningful Critical Learning by the proposition of explanatory analogies through of Analogical Didactic Model

In this text we discuss the Critical Meaningful Learning that can be exercised by students when they make explanatory propositions in science activities. We argued that the metacognitive exercise made by students through the development of analogies can promote and facilitate critical meaningful learning within the context of the school. In this paper we describe some activities made by students of higher education from Arts, Science and Humanities school from São Paulo's university. They used an analogical model (MDA) to explain the biological process of synthesis of proteins. Although we described here an experience with university students, we propose to extend the reflection and discussion about science education at all levels of schooling. The metacognitive exercise through the MDA Model can promote the consciousness about learning and contributes with the autonomous and critics individuals' formation one the objectives of Critical Meaningful Learning.

**Keywords:** Critical Meaningful Learning, Science teaching, Analogical Didactic Model

# Aprendizaje Significativo Crítico a través de la proposición explicativa de analogías con el uso del Modelo Didáctico Analógico (MDA)

## Resumen

En este texto nos referiremos al Aprendizaje Significativo Crítico que puede ser ejercitado por estudiantes cuando elaboran proposiciones explicativas en actividades que utilizan analogías para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Discutimos que el ejercicio metacognitivo realizado por los estudiantes a través de la elaboración de analogías y sus justificativas puede promover y facilitar el Aprendizaje Significativo Crítico, dentro del contexto de la sala de aulas. En este trabajo describimos algunas actividades desarrolladas por estudiantes de un curso de formación de profesores de Ciencias de la Escuela de Artes, Ciencias y Humanidades de la Universidad de San Pablo en Brasil. Los estudiantes utilizaron el Modelo Didáctico Analógico (MDA) para explicar el proceso biológico de la síntesis de proteínas realizadas por alumnos de enseñanza superior. A pesar que abordamos aquí una experiencia con estudiantes universitarios, proponemos ampliar la reflexión y la discusión sobre las posibilidades de llevar efectivamente estas ideas y experiencias para la enseñanza de las ciencias en todos los niveles de escolaridad, siendo que el ejercicio metacognitivo vivido a través del Modelo Didáctico Analógico promueve la toma de consciencia sobre el propio aprendizaje y contribuye con la formación de sujetos autónomos y críticos, uno de los objetivos de la propuesta del Aprendizaje Significativo Crítico.

**Palabras clave:** Aprendizaje Significativo Crítico, Enseñanza de las Ciencias, Modelo Didáctico Analógico.

## Résumé

Dans ce texte, nous ferons référence au Apprentissage Significatif Critique qui peut être exercé par les étudiants lors de la préparation des propositions explicatives à l'aide d'activités pour l'analogías de l'enseignement-apprentissage des Sciences. Nous avons discuté que l'exercice méta-cognitif effectué par les étudiants et ses justifications peuvent promouvoir des analogies et faciliter l'Apprentissage Significatif Critique dans le contexte de la classe. Dans cet article, nous décrivons certaines activités développées par les étudiants d'un cours de formation pour les enseignants de sciences à l'école des Arts, Sciences et sciences humaines de l'Université de São Paulo au Brésil. Étudiants utilisant l'analogique du modèle didactique (MDA) pour expliquer le processus biologique de la synthèse protéique. Bien que la recherche cherche à décrire l'expérience avec les étudiants de l'Université, nous proposons d'étendre la réflexion et la discussion sur la possibilité de prendre ces idées et ces expériences pour l'enseignement des sciences à tous les niveaux de l'école, puisque l'exercice meta-cognitif dans le MDA favorise la prise de conscience et a contribué à la formation en apprentissage propria des sujets autonomes et des critiques et constitue l'un des objectifs de la proposition d'Apprentissage Significatif Critique.

**Mots clés:** Apprentissage Significatif Critique, enseignement des sciences, Modèle Didactique Analogique

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o ensino de ciências tem se revelado uma questão fundamental de âmbito mundial. Há uma década Fourez (2003) indicou claramente o problema ao apontar que este está em crise e no centro desta crise encontra-se a questão da falta de sentido, uma vez que o ensino de ciências é marcado pelo uso de termos técnicos e por um estilo impessoal, cujo objetivo principal é avaliar a transmissão de informação de forma correta (Cachapuz, 1989).

Para os alunos, a impressão é que se pretende obrigá-los a ver o mundo sob o olhar de um cientista, mas para eles o que teria sentido é um ensino de ciências que lhes ajude a compreender a si mesmos e o mundo em que vivem. Desta forma, os modelos científicos que lhes são impostos deveriam levar à compreensão da história e do mundo onde estes alunos vivem (Fourez, 2003; Lemke, 2006). Matthews (1995) indica que é necessário tentar superar de alguma forma o “mar de falta de significação” que tem inundado as aulas de ciências, onde as fórmulas e equações são recitadas sem que os estudantes saibam o que

significam. Desta forma continua se promovendo apenas aprendizagens mecânicas desprovidas de significado.

Uma estratégia que pode promover a Aprendizagem Significativa Crítica dos estudantes é a elaboração de proposições explicativas para situações analógicas em ciências. Nelas, o estudante precisa, através da linguagem, expressar as relações existentes na sua estrutura cognitiva. Este exercício metacognitivo propicia que os estudantes se tornem agentes da sua aprendizagem.

O objetivo deste trabalho dentro da perspectiva apresentada é promover a Aprendizagem Significativa Crítica de conhecimentos da área biológica de estudantes universitários de um curso de formação de professores de ciências. Os estudantes elaboraram proposições explicativas para um modelo analógico, o Modelo Didático Analógico (MDA) proposto por Galagovsky e Aduriz-Bravo (2001), e realizaram reflexões que os aproximaram do exercício metacognitivo através do Modelo Global de Monitorização Cognitiva.

## 2. MARCO TEÓRICO

O referencial teórico para a realização da pesquisa se fundamenta na Teoria da Aprendizagem Significativa (T.A. S) proposta por Ausubel em 1976, que pode ser considerada uma teoria psicológica de aprendizagem na aula (Rodríguez, 2008). Para Moreira (2010), na aprendizagem significativa, que se opõe apenas à aprendizagem mecânica, as novas informações interagem com as informações presentes na estrutura cognitiva do aprendiz gerando um *continuum*. Isto significa que aprendizagens mecânicas podem evoluir – a partir de intervenções intencionais e com a ajuda de materiais didáticos potencialmente significativos – para aprendizagens significativas. Neste trabalho, consideramos os pressupostos dessa teoria como referencial teórico para a análise das relações analógicas escritas pelos estudantes.

A Teoria da Aprendizagem Significativa procura explicar os mecanismos internos que ocorrem na mente humana com relação ao aprendizado e à estruturação do conhecimento. Segundo Ausubel, o processo de ensino necessita fazer algum sentido para o educando, ou seja, a nova informação precisa interagir e ancorar-se nos conceitos relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva. Ausubel acrescenta ainda que o armazenamento de informação no cérebro humano é altamente organizado, onde os conceitos mais específicos são ligados aos conceitos mais gerais, mais inclusivos.

Quando não há interação entre a nova informação e o conhecimento armazenado, ocorre uma aprendizagem mecânica, e os conceitos adquiridos ficam arbitrariamente distribuídos na estrutura cognitiva sem estar ligados a conceitos subsunçores específicos. A aprendizagem mecânica, no entanto, é importante no processo de ensino, pois quando uma nova informação é desconhecida pelo indivíduo, essa nova informação poderá ser armazenada arbitrariamente até que se formem na estrutura cognitiva do indivíduo elementos de conhecimento que possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados (Moreira, 1997). Nas palavras do referido autor, na aprendizagem significativa o novo conhecimento nunca é internalizado de maneira literal, porque o componente idiossincrático da significação permite que o sujeito atribua um significado único para este. Quando a aprendizagem ocorre sem atribuição de significados pessoais, sem relação com o conhecimento preexistente, se diz que essa aprendizagem é mecânica, isto é, não significativa. Na aprendizagem mecânica, o novo conhecimento é armazenado de maneira arbitrária e literal na mente do indivíduo. Isso não quer dizer que esse conhecimento seja armazenado em um vácuo cognitivo, mas sim que ele não interage significativamente com a estrutura cognitiva preexistente, este conhecimento não adquire novos significados.

Durante certo período de tempo, a pessoa é inclusive capaz de reproduzir o que foi aprendido mecanicamente, mas não significa nada para ela. No caso dos estudantes universitários, é importante ressaltar que, mesmo que no início a aprendizagem possa ocorrer de maneira mecânica, no final do processo é importante que ela progrida para aprendizagens significativas. Isso porque o processo pessoal e idiossincrático de significação deveria ser no nosso entendimento, um dos componentes centrais na formação de um sujeito reflexivo. Afinal, um estudante ou professor que não é capaz de aprender significativamente, não será capaz de vivenciar uma Aprendizagem Significativa Crítica (Moreira, 2010) sem a qual qualquer posicionamento futuro na sua vida profissional pode vir a ficar comprometido.

A Teoria da Aprendizagem Significativa foi enriquecida pela proposta de Moreira (2010) ao considerar os problemas da educação, e em particular do ensino de ciências. Para superar as dificuldades de um ensino mergulhado em “um mar de falta de sentido (Matthews (1995), o autor propõe dez princípios que deveriam ser considerados nas atividades educativas (Moreira, 2010): estes são de maneira resumida os seguintes:

1. Princípio do conhecimento prévio: Aprender que aprendemos a partir do que já sabemos;
2. Princípio da interação social e de questionamentos: Aprender a ensinar perguntas e não respostas;
3. Princípio da não centralidade do livro texto: Aprender a partir de diferentes materiais educativos, potencialmente significativos;
4. Princípio do aprendiz como perceptor/representador: Aprender que somos perceptores e representantes do mundo;
5. Princípio do conhecimento como linguagem: Aprender que a linguagem está totalmente implicada em toda e qualquer tentativa humana de perceber a realidade.
6. Princípio da consciência semântica: Aprender que o significado está nas pessoas e não apenas nas palavras;
7. Princípio da aprendizagem pelo erro: Aprender que o ser humano aprende corrigindo seus erros;
8. Princípio da desaprendizagem: Aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência;
9. Princípio da incerteza do conhecimento: Aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar;
10. Princípio da não utilização do giz e do quadro negro: Aprender a partir de distintas estratégias de ensino;
11. Princípio do abandono da narrativa: Aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.

### 2.1. O conceito de Metacognição

Para realizar atividades de aula que efetivamente sejam potencialmente significativas, é necessário que de alguma maneira estas atividades promovam o “pensar sobre”. Isto significa que não é apenas executando atividades que se poderão promover aprendizagens com sentido, é necessária a reflexão permanente sobre o fazer do indivíduo, realizadas pelo próprio indivíduo.

O pensar sobre o pensar compreende, expresso de uma maneira muito simples, o conceito de metacognição que explicamos brevemente a seguir. A explicação para o conceito de metacognição varia conforme o ponto de vista de cada autor e refere-se a muitos fenômenos heterogêneos e diferentes em natureza sobre a regulação cognitiva (Flavell et al., 1999).

### **O Modelo Global de Monitorização Cognitiva**

Este modelo inclui quatro aspectos que se relacionam: o conhecimento metacognitivo (que abrange os componentes: sensibilidade e conhecimento das variáveis da pessoa, da tarefa e da estratégia); as experiências metacognitivas; os objetivos; e as ações (ou estratégias) (Ribeiro, 2003). O conhecimento metacognitivo é definido “como o conhecimento ou crença que o aprendiz possui sobre si próprio, sobre os fatores ou variáveis da pessoa, da tarefa, e da estratégia, e sobre o modo como afetam o resultado dos procedimentos cognitivos” (Ribeiro, 2003, p. 111). Em outras palavras correspondem aos conhecimentos adquiridos sobre as questões cognitivas, ou seja, a mente humana e seus afazeres (Flavell et al., 1999). O conhecimento metacognitivo também se refere ao produto cognitivo, ou seja, conhecimento de que determinados conceitos, práticas e habilidades já são dominados, enquanto outros ainda não o são e o reconhecimento de quais são capazes de se alcançar ou não. Também diz respeito à compreensão dos processos cognitivos, maneira através da qual o pensamento e as funções superiores (atenção, memória, raciocínio, compreensão) atuam na resolução de problemas (Flavell, 1976 apud Davis, et al., 2005).

As experiências metacognitivas são os processos através dos quais se pode exercer controle e auto-regulação durante a resolução de problemas, assim o sujeito toma consciência do desenvolvimento de sua própria atividade. (Flavell, 1976 apud Davis, et al., 2005). Ou seja, são experiências afetivas ou cognitivas sobre uma iniciativa cognitiva (Flavell et al., 1999). Estas experiências se prendem ao foro afetivo e conduzem ao exercício de pensamentos e sentimentos acerca do próprio pensamento (Ribeiro, 2003). Estas experiências podem ser simples ou complexas, por exemplo: O sentimento de emoção “A-há! quando você encontra um novo ângulo interessante para organizar aquele trabalho de fim de semestre que o desafiava há dias” (Flavell et al., 1999, p. 129).

Os objetivos, sejam eles implícitos ou explícitos, impulsionam e mantêm o empreendimento cognitivo, podendo ser impostos pelo professor ou selecionados pelo aprendiz. Dessa forma, o objetivo colocado pelo professor pode ser diferente do escolhido pelo aprendiz e pode mudar no decorrer da tarefa (Ribeiro, 2003).

O último aspecto são as ações, que correspondem às estratégias para potencializar e avaliar o progresso cognitivo, podendo ser de dois tipos (Ribeiro, 2003): Estratégias metacognitivas: quando usadas para monitorar o conhecimento, ou para avaliação da situação. Estratégias cognitivas: quando usadas para atingir

determinado objetivo cognitivo. Tanto as estratégias cognitivas quanto as metacognitivas produzem experiências metacognitivas e resultados cognitivos;

Essas estratégias podem ser utilizadas para compreender e avaliar a própria compreensão, por isso depende “do conhecimento metacognitivo, das experiências metacognitivas e do modo como o critério da tarefa é entendido” (Brown, Campione & Day, 1981 apud Ribeiro, 2003, p. 112). As estratégias cognitivas se destinam ao progresso cognitivo, enquanto que as estratégias metacognitivas monitoram este progresso (Flavell et al., 1999). Por exemplo, ao realizar uma leitura podemos ler lentamente para aprender, isto corresponde à utilização de uma estratégia cognitiva; ou ler rapidamente para ter uma ideia da dificuldade ou facilidade do conteúdo, neste caso trata-se da utilização de uma estratégia metacognitiva. Sendo assim, aprendemos sobre as estratégias cognitivas para realizar progressos cognitivos e sobre as estratégias metacognitivas a fim de monitorizar o progresso cognitivo (Ribeiro, 2003).

### **2.2. Potencialidades e dificuldades em relação à Metacognição**

Primeiramente, de acordo com as várias perspectivas teóricas para o conceito de metacognição, utilizamos neste trabalho a conceitualização de Flavell et al. (1999), onde a metacognição se refere à cognição sobre a cognição, sendo que esta definição se enquadra no Modelo Global de Monitorização Cognitiva, citado anteriormente.

A metacognição então se refere àquilo que sabemos e pensamos, sobre aquilo que sabemos e pensamos, ou seja, o conhecimento sobre o próprio conhecimento. Ou nas palavras de Flavell (1981 apud Flavell et al., 1999) a metacognição “se refere a qualquer conhecimento ou atividade cognitiva que toma como seu objeto, ou regula, qualquer aspecto de qualquer iniciativa cognitiva”. Davis et al. (2005), indicam que a metacognição é a atividade mental por meio da qual outros processos mentais se tornam alvo de reflexão, assim: a metacognição refere-se ao conhecimento que se tem sobre os próprios processos cognitivos, e produtos ou qualquer outra coisa relacionada a eles, isto é, o aprendizado das propriedades relevantes da informação ou dos dados.

Não são muito citadas às dificuldades em relação a estratégias que promovam a metacognição, por isso exemplificaremos dois possíveis problemas detectados entre os estudantes durante a aplicação desta pesquisa. Primeiramente, não há muito espaço para a implementação de ações (estratégias para potencializar e avaliar o progresso cognitivo) no ambiente escolar, já que na muitas vezes apenas se prioriza a transmissão do conhecimento e o mais importante é verificar se a informação foi transmitida corretamente, conforme aponta Cachapuz (1989). Dessa forma, não sobra espaço nem tempo dentro da grade curricular para que os estudantes reflitam sobre seu processo de aprendizagem e, por exemplo, monitorem seus processos cognitivos, que corresponde a uma estratégia metacognitiva. Algumas indagações poderiam ser: Por que estou aprendendo tal assunto? Qual seria a melhor forma para que eu compreenda este assunto? Fazer um esquema

peçoal, um resumo, ler mais ou pedir ajuda a meus colegas e professores?

A partir deste monitoramento se torna mais fácil a compreensão sobre o desenvolvimento da própria atividade e o controle sobre ela, o que consiste em experiências metacognitivas, que levam ao exercício de pensamentos e sentimentos acerca do próprio pensamento. Por exemplo, o estudante considera que é melhor fazer um resumo sobre o assunto que estudou, logo desenvolveu uma estratégia e vinculado a isso exercitou o pensamento e os sentimentos sobre os seus próprios pensamentos. Este tipo de exercício de pensamento 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 essas habilidades possam e devam ser ensinadas como parte integrante do currículo escolar.

O segundo problema é o fato de pode ser que o professor imagine que apenas a realização de atividades pode ser considerada *per se* como utilização de estratégias metacognitivas, o que não é verdade. Por exemplo, a aplicação de um questionário que promova a localização de informação em um texto anteriormente apresentado, não é uma estratégia metacognitiva, já que o estudante pode simplesmente procurar a resposta e escrevê-la sem pensar sobre a questão. Por outro lado, se o estudante constrói um esquema que resume o texto anterior, por exemplo, estará monitorando seus processos cognitivos e refletindo sobre eles, logo, esta segunda atividade pode ser considerada uma estratégia metacognitiva. Dentro das estratégias que intencionalmente promovem o exercício metacognitivo por parte dos estudantes, se destaca o Modelo Didático Analógico (MDA).

### 2.3. O Modelo Didático Analógico (MDA)

Neste modelo didático são utilizadas analogias e é relevante destacar o importante papel das mesmas na educação em Ciências. Neste âmbito a analogia envolve o estabelecimento de comparações ou relações entre o conhecido e o pouco conhecido ou desconhecido (Duarte, 2005).

A analogia tem diversas funções, por exemplo, uma função explicativa, quando coloca conceitos e princípios novos em termos familiares; tem uma função criativa quando estimula a solução de um problema, a identificação de um problema novo e a generalização de hipóteses (Glynn, 1989).

O Modelo Didático Analógico (MDA) corresponde a um modelo de analogias centrado no professor e no aluno, onde o aluno constrói a analogia e dialoga com o professor e com os colegas em todas as atividades propostas. A proposta é de traduzir a ciência erudita para os estudantes através de uma analogia com eventos do cotidiano, sendo esta construída pelo próprio estudante. Dessa forma, através de situações didáticas esse modelo ajuda os estudantes a encontrar conceitos já existentes em suas estruturas cognitivas, sobre os quais constroem novas aprendizagens adequadas, do ponto de vista científico. A ideia básica para construir uma proposta com o Modelo Didático Analógico é conhecer profundamente o tema que

se quer ensinar; abstrair seus conceitos principais e as relações funcionais entre estes conceitos e traduzir toda uma situação o mais clara possível para os estudantes, seja ela proveniente da vida cotidiana, da ciência ficção ou do senso comum (Galagovsky & Aduriz-Bravo, 2001).

O MDA requer quatro momentos de elaboração por parte dos estudantes, que devem ser conduzidos pelo professor (Galagovsky & Aduriz-Bravo, 2001; Haim et al, 2003; Aduriz-Bravo et al, 2005):

**1. Momento Anedótico:** Os estudantes entendem a situação analógica proposta pelo professor. Normalmente se aborda o MDA antes do tema específico, ou seja, seu referente científico. Após os estudantes compreenderem a situação analógica proposta, podem formular hipóteses, por exemplo, de quais formas ocorrem diferentes fenômenos do análogo e de que formas podem relacionar-se com a linguagem erudita. Neste momento o papel do professor é garantir a comunicação entre os diversos procedimentos realizados pelos estudantes e não indicar a resposta correta às questões propostas.

**2. Momento de conceitualização sobre a analogia:** Se apresenta a informação proveniente da ciência acadêmica ou erudita e pode ter o formato de um texto ou de uma exposição feita pelo professor. Posteriormente, os estudantes podem levantar hipóteses que relacionem a situação do cotidiano com a linguagem erudita, através de suas semelhanças e diferenças. Elabora-se a tabela de correlação conceitual.

**3. Momento de correlação conceitual:** Os estudantes neste momento do MDA processam a informação científica ou erudita comparando a com o modelo do cotidiano, atribuindo significados ao mesmo. Eles completam a tabela de correlação conceitual.

**4. Momento de Metacognição:** Momento em que os estudantes refletem sobre as atividades realizadas e tomam consciência sobre os conceitos novos que eles devem incorporar. Esta etapa requer uma análise rigorosa por parte dos estudantes, a fim de que consigam explicar os processos pelos quais elaboraram a analogia, discutam as vantagens e limitações da mesma.

Neste trabalho de pesquisa utilizamos o Modelo Didático Analógico e avaliamos o exercício metacognitivo de estudantes universitários a partir do modelo global de monitorização cognitiva para promover a Aprendizagem Significativa Crítica dos estudantes. Desta forma discutimos a importância de utilizar estratégias didáticas que introduzam os alunos no universo cultural da ciência e suas implicações para o ensino de Ciências em todos os níveis de escolaridade.

### 3. METODOLOGÍA

Para a realização desta investigação foram elaboradas atividades para o MDA, conforme os conteúdos didáticos da disciplina Fundamentos da Didática para estudantes de primeiro ano do curso de Licenciatura em Ciências da Natureza da Escola de Artes, Ciências e Humanidades

(EACH) da Universidade de São Paulo. Trabalhamos com duas turmas da disciplina Fundamentos da Didática durante o segundo semestre de 2010, uma no período matutino e outra no período noturno, com o intuito de abranger um maior número de participantes na pesquisa.

Foram utilizadas três aulas, de aproximadamente 3 horas e 45 minutos cada, para o período noturno e duas aulas para o período matutino. Nestas aulas utilizamos o Modelo Didático Analógico que aborda o assunto síntese de proteínas e como modelo do cotidiano é apresentada uma fábrica de correntes. (GARÓFALO & GALAGOVSKY, 2005).

Resumidamente, a ideia deste modelo é que os participantes elaborem uma analogia entre o processo de síntese de proteínas (elemento da ciência erudita) e uma fábrica de correntes hipotética (elemento do cotidiano). Para isto é necessário elaborar relações entre estes dois elementos, através de diversas atividades e justificar as relações elaboradas. Esta proposta está disponível no texto de Garófalo & Galagovsky (2005), onde o MDA está disponível com todas as suas etapas para que estudantes e/ou docentes o utilizem. Esta proposta foi adaptada e traduzida ao português pelas autoras deste texto. A tabela de correlação de conceitos utilizados na analogia é mostrada a seguir:

CONCEITOS DA ANALOGIA	CONCEITOS CIENTÍFICOS
Fábrica de correntes	Uma célula
Produção de correntes	Sínteses de proteínas
Diferentes usos das correntes	Funções das proteínas
<b>Setor N</b>	<b>Setor Nuclear</b>
Computador central com toda a informação	Cromossomos (genoma)
Informação contida no computador central	Informação genética
Programa requerido para fabricar uma corrente	Determinado gene
Códigos para transcrição para disquetes	Código genético
Processo de cópia de um programa em um disquete	Processo de transcrição
Disquete	RNA mensageiro
<b>Setor “C” e “R”</b>	<b>Setor Citoplasmático e Setor Retículo Endoplasmático Rugoso</b>
Correntes produzidas no setor “C”	Proteínas citoplasmáticas
Correntes produzidas no setor “R”	Proteínas de secreção e de membrana
Computadores de montagem de cada setor	Ribossomos

Execução do programa do disquete	Processo de tradução
Cada braço mecânico vazio ou unido a um elo específico	RNA de transferência vazio ou unido a seu aminoácido específico
Elos de diferentes cores	Diferentes aminoácidos
<b>Setor G</b>	<b>Complexo de Golgi</b>
Processo de etiquetagem	Processo de marcação de proteínas
Processo de empacotamento	Processo de formação de vesículas
Processo de distribuição	Mecanismo de transporte de proteínas

**Tabela 1:** Tabela de correlação de conceitos que surge da analogia proposta por Garófalo & Galagovsky, (2002). Esta tabela de correlação conceitual apresenta as relações possíveis entre o conteúdo científico (síntese de proteínas) e o modelo analógico do cotidiano (fábrica de correntes).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Enfatizamos que neste trabalho a ideia foi a de promover a Aprendizagem Significativa Crítica com a utilização do Modelo Didático Analógico (MDA), através da vivência de experiências metacognitivas no processo de ensino-aprendizagem de ciências.

Com isso, consideramos que o MDA pode ser utilizado como uma estratégia metacognitiva que pode efetivamente promover a Aprendizagem Significativa Crítica, pois este é usado pelos estudantes para monitorar o seu próprio conhecimento e avaliar as situações de aprendizado. Isso ocorre pelo fato de que o estudante precisa elaborar a própria analogia e justificá-la, articulando da maneira mais coerente e lógica os elementos do cotidiano e os elementos da ciência erudita apresentados pelo professor.

Durante a pesquisa os estudantes precisaram estabelecer por escrito as relações que eles consideraram possíveis para uma analogia que lhes foi apresentada pelo professor, neste caso a analogia entre a fábrica de correntes e o processo de síntese de proteínas. O mais importante neste processo é a elaboração da justificativa para a relação analógica proposta pelo estudante. Desta forma, cada estudante necessitou monitorar o próprio conhecimento. O resultado desta atividade pode gerar experiências metacognitivas, ou seja, o sujeito toma consciência do desenvolvimento de sua própria atividade, controlando-a e regulando-a. Por exemplo, um participante relacionou a fábrica de correntes (elemento do cotidiano) com uma célula (elemento da ciência erudita), justificando esta relação, que consiste na analogia, da seguinte forma:

*“Porque é na célula que ocorre a síntese de proteínas e é nela que estão as “ferramentas” para esse processo ocorrer”. Estudante 1.*

Na atividade seguinte através de questões escritas foi perguntado se a analogia com o modelo do cotidiano ajudou e este mesmo participante afirmou que:

*“É mais fácil compreender um processo complexo quando nos baseamos em algo que já conhecemos”.* Estudante 1.

Isto significa que este estudante tomou consciência de que para aprender significativamente ele precisa se dar conta do que já sabe e para isso foi preciso que refletisse sobre o próprio processo cognitivo (sobre aquilo que ele sabe e conhece).

#### 4.1. Análise do momento de correlação conceitual do MDA

A análise do terceiro momento do MDA será apresentada de forma quantitativa e mostraremos algumas produções dos estudantes. A atividade analisada corresponde à elaboração por parte dos estudantes da tabela de correlação conceitual entre a fábrica de correntes e o processo de síntese de proteínas. O objetivo neste momento do MDA era que os estudantes elaborassem uma analogia entre os componentes da fábrica de correntes e os conceitos envolvidos no processo de síntese de proteínas, apresentado pelo professor. Os estudantes tinham que relacionar ambos e justificar as relações propostas. Sendo assim, o número de analogias possíveis era 21, correspondente ao número de conceitos referentes à fábrica de correntes.

Cabe lembrar que na proposta teórica do MDA o importante é que essas relações analógicas sejam elaboradas e justificadas pelos estudantes. Um total de 42 estudantes realizou a atividade resultando em 704 relações analógicas, com 685 justificativas. O número de analogias elaboradas por cada estudante variou entre 6 e 20, sendo que 13 estudantes elaboraram 18 analogias cada um. Em relação às justificativas o número variou entre 5 e 21 por cada estudante. Do total de estudantes, 12 deles elaboraram 18 justificativas cada um. Na tabela 2 estão sintetizadas algumas relações e justificativas elaboradas pelos alunos.

COMPONENTE DA FÁBRICA	CONCEITO CIENTÍFICO	JUSTIFICATIVA
Fábrica de correntes	Célula	<i>“É na fábrica que ocorrem todas as atividades”</i> (Estudante 1). <i>“Possui diversos componentes para a produção de proteínas”</i> (Estudante 2)
Computador central com toda informação	DNA	<i>“A partir do DNA que há todas as informações necessárias para o funcionamento de toda a célula”</i> (Estudante 3).
Computador central com toda	Núcleo	<i>“Armazena os cromossomos</i>

informação		<i>(código genético) e o computador central armazena todas as informações”</i> (Estudante 4).
------------	--	--

**Tabela 2:** Algumas justificativas da correlação conceitual entre os elementos do cotidiano (fábrica de correntes) e o conteúdo científico (síntese de proteínas) elaboradas pelos estudantes.

Neste trabalho também verificamos que os estudantes se aproximaram do Modelo Global de Monitorização Cognitiva, ao perceber que nos textos de correlação conceitual e nas justificativas apareceram os quatro componentes propostos nesse modelo: o conhecimento metacognitivo; as experiências metacognitivas; os objetivos; e as ações ou estratégias (RIBEIRO, 2003). O conhecimento metacognitivo diz respeito ao conhecimento ou crença que o aprendiz possui sobre si próprio, sobre suas estratégias e em relação à mudança de concepção de ciência registrada pelos estudantes, entre outras coisas, o que pode ser visto nos textos de justificativas.

As experiências metacognitivas se referem à tomada de consciência do estudante no desenvolvimento de sua própria atividade, o controle e a regulação que exerce sobre as suas atividades. Isto pode ser visto nas categorias empíricas elaboradas nesta pesquisa, como na organização de ideias e pensamentos em relação aos próprios conhecimentos.

Os objetivos, por outra parte, sejam eles implícitos ou explícitos, impulsionam e mantêm o empreendimento cognitivo, e são propostos pelo professor ou pelo estudante. O que pode ser observado, por exemplo, na identificação por parte dos estudantes do objetivo da questão onde era perguntado ao estudante qual era a sua explicação sobre o porquê havíamos pedido para que fizessem relações entre a fábrica de correntes e a síntese de proteínas. Numa das categorias empíricas produzidas, os estudantes indicaram que o objetivo era usar a comparação ou a relação, entre a fábrica de correntes e o processo de síntese de proteínas, para entender melhor os conteúdos.

O quarto e último aspecto do Modelo de Monitorização Cognitiva são as ações, ou seja, as estratégias para potencializar e avaliar o progresso cognitivo, cujo objetivo é monitorar o conhecimento, ou estratégias cognitivas, que se destinam a um progresso cognitivo. As ações são muito semelhantes, e precisam ser explicadas pelos estudantes.

Através da utilização do MDA se estimulou e favoreceu a participação constante dos estudantes em todas as etapas do processo. Desta forma, eles participaram ativamente, dialogando entre si e com o professor, expondo suas opiniões, refletindo, discordando ou duvidando dos próprios saberes, ou seja, tornando-se agentes da própria aprendizagem e exercitando a metacognição. Com isso, os estudantes puderam fazer a gestão do próprio aprendizado, podendo assim guiar as atividades, regulá-las, corrigi-las e avaliá-las para alcançar um aprendizado coerente e significativo para eles mesmos. A gestão da aprendizagem

que favorece a Aprendizagem Significativa Crítica tem um importante valor didático pedagógico, pois favorece o desenvolvimento de uma autoimagem positiva do aluno e consequentemente melhora a sua autoestima.

#### 4.2. Análise do Momento de metacognição sobre a atividade desenvolvida

Através da análise dos textos produzidos na última atividade do MDA, foram elaboradas categorias empíricas, pois advém dos textos elaborados pelos estudantes.

O objetivo da atividade era incentivar que o estudante refletisse sobre o motivo pelo qual foi pedido a ele para que elaborasse relações entre a fábrica de correntes e a síntese de proteínas, que consiste na elaboração da tabela de correlação conceitual. Para analisar os resultados foram elaboradas três categorias (Tabela 3) para análise de 37 justificativas produzidas pelos estudantes:

CATEGORIAS	DEFINIÇÃO
<b>1. Associação de conteúdos do cotidiano (fábrica de correntes) com conteúdos científicos (síntese de proteínas)</b>	Enquadram-se as justificativas nas quais foi pedido para fazer relações entre a fábrica de correntes e a síntese de proteínas, pois assim podem-se associar assuntos do cotidiano com assuntos científicos;
<b>2. Uso da comparação ou da relação para entender melhor os conteúdos</b>	A comparação ou a relação entre a fábrica de correntes e o processo de síntese de proteínas ajudam a entender melhor o conteúdo;
<b>3. Fazer relações para auxiliar no aprendizado</b>	Os estudantes argumentaram que foi pedido para que fizessem relações para ajudar no aprendizado. Porém isto foi apontado de uma forma mais geral.

**Tabela 3** - Categorias de análise empírica para a as relações entre a fábrica de correntes e a síntese de proteínas

**Categoria 1- Associação de conteúdos do cotidiano (fábrica de correntes) com conteúdos científicos (síntese de proteínas):** Nesta categoria foram identificadas 15 justificativas, dentre elas selecionamos quatro trechos como unidades de análise, que servem para identificá-la:

*“Porque ambas estão relacionadas com a produção: a fábrica, com a produção de correntes; e a célula, com a síntese proteica. Mesmo os produtos sendo diferentes, os processos e os mecanismos usados são análogos” Estudante 1.*

*“Para associarmos a síntese e sabermos que existe a possibilidade de relacionarmos assuntos difíceis com o dia-a-dia” Estudante 11.*

*“Para assimilar um processo complexo (síntese de proteínas) com algo mais próximo de nossa realidade (fábrica) possibilitando a aprendizagem” Estudante 12.*

*“Porque a fábrica de correntes é algo mais comum e claro em nosso conhecimento, o que facilita no entendimento da síntese de proteínas” Estudante 13.*

**Categoria 2 - Uso da comparação ou da relação para entender melhor os conteúdos:** Nesta categoria foram classificadas as justificativas de 14 estudantes. A seguir explicitamos quatro delas:

*“Para comparar e entender melhor a síntese de proteínas através dessa comparação” Estudante 14.*

*“Acredito que para mostrar que relacionando as coisas pode ser mais fácil a aprendizagem” Estudante 15.*

*“Porque através da comparação podemos entender e lembrar a função de cada coisa” Estudante 16.*

*“O corpo humano de certa forma pode ser considerado uma fábrica, pois para que uma atividade seja realizada todas as estruturas devem funcionar de forma eficiente e em sincronia com outras estruturas, pois assim o corpo irá funcionar normalmente. Assim como na fábrica, problemas podem ocorrer no funcionamento das atividades celulares, só que diferentemente da fábrica que terá certo problema na produção de correntes no corpo esse problema pode gerar algum problema de saúde, por isso deve funcionar em perfeita sincronia. Talvez essa relação entre a fábrica e a síntese de proteínas foi pedida para que o assunto fosse mais bem entendido pelos estudantes”. Estudante 17.*

**Categoria 3 - Fazer relações para auxiliar no aprendizado:** Os estudantes argumentaram que foi pedido para que fizessem relações para ajudar no aprendizado, porém, isto foi apontado de forma geral. Nesta categoria foram identificadas 5 justificativas, dentre elas selecionamos quatro trechos como unidades de análise, que servem para identificá-la:

*“Era proposto esse tipo de atividade em busca que esse novo método fosse mais fácil de aprendizado” Estudante 18.*

*“Para facilitar o entendimento, estabelecendo de forma única o conhecimento para a minha vida” Estudante 19.*

*“Para ajudar no entendimento da matéria das aulas de FD” Estudante 20.*

*“É uma forma de entender melhor o processo de síntese de proteínas” Estudante 21.*

Nas três categorias identificadas os estudantes perceberam que é possível associar conceitos mais simples e que pertencem ao cotidiano, como a fábrica de correntes com conceitos mais complexos, como a síntese de proteínas. Dessa forma, eles transferiram o conhecimento de um domínio conceitual não familiar para outro mais familiar e assim se distanciaram um pouco do estilo rígido do ensino de ciências, conforme aponta Cachapuz (1989).



Um dos problemas detectados na atividade pode ser compreendido nos textos elaborados por dois estudantes:

*“Acredito que foi pedido para realizarmos essa ligação como forma de aprendizado, para percebermos que nosso corpo funciona perfeitamente como uma fábrica” Estudante 22.*

*“Para percebermos que nosso corpo funciona como uma fábrica, com funções determinadas” Estudante 23.*

Nesses dois casos a analogia foi tomada como uma cópia fiel da realidade, o que não era o objetivo da atividade e por isso consideramos essas respostas inadequadas. Com isso, as limitações da analogia não foram discutidas ou consideradas por esses dois estudantes, reforçando assim a concepção do senso comum de que nosso corpo é uma máquina (ANDRADE et al. , 2002).

### **Estudante como sujeito agente e não objeto do processo de ensino-aprendizagem**

Para aprofundar o momento de metacognição e favorecer uma Aprendizagem Significativa Crítica os estudantes responderam à questão: O fato de você pensar sobre seu processo de aprendizagem o torna um sujeito agente da sua própria aprendizagem? Explique.

Esta questão objetivava que os estudantes refletissem se pensar sobre o processo de aprendizagem os tornava parte dele, ou que o estudante apenas precisa receber as ordens do professor e não há a necessidade de participar do próprio aprendizado como um sujeito agente, isto é, de maneira ativa. Foram obtidas 43 justificativas afirmativas, nas quais os estudantes consideraram que o pensar sobre o próprio aprendizado torna-os sujeitos agentes (FREIRE, 1996) da sua própria aprendizagem. Para classificar as respostas foram elaboradas três categorias de análise, indicadas na tabela 4:

<b>CATEGORIA</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>
<b>1. Ser agente do próprio aprendizado melhora a aprendizagem</b>	Adéquam-se as justificativas que afirmam isso de uma forma abrangente;
<b>2. Aquisição de autonomia no aprendizado</b>	As justificativas deram indício de que alguns estudantes conseguiram perceber o que pode ajudar ou atrapalhar na sua aprendizagem, assim como participar da própria aprendizagem opinando e refletindo.
<b>3. A reflexão pode auxiliar no aprendizado</b>	Pensar ou refletir sobre o próprio aprendizado auxilia no aprendizado.

**Tabela 4** - Categorias de análise empírica para a questão que pergunta sobre o estudante como sujeito agente do processo de ensino-aprendizagem.

### **Categoria 1- Ser agente do próprio aprendizado melhora a aprendizagem.**

Nesta categoria foram classificadas as justificativas de 5 estudantes. A seguir explicitamos duas delas:

*“Sim, meu método de estudo agora é diferente, ficou mais fácil de aprender” Estudante 3.*

*“Sim, pois além de conhecer o método didático, entender como se aprende ajuda a fixar as ideias” Estudante 4.*

### **Categoria 2- Aquisição de autonomia no aprendizado**

Nesta categoria foram classificadas as justificativas de 26 estudantes. A seguir explicitamos quatro delas:

*“Sim, pois independente do professor cada pessoa tem uma forma de aprendizagem, e cada um possui seu método de estudo” Estudante 6.*

*“Sim, eu me responsabilizo por gostar ou não do assunto, existe variadas formas de tornar o aprendizado mais eficiente, e só eu posso fazer isso” Estudante 7.*

*“Sujeito. Porque nesse momento não há quem diga se isso é errado ou aquilo outro. A pessoa terá de procurar as próprias respostas, ter mais autonomia” Estudante 8.*

*“O fato de eu pensar sobre o meu próprio processo de aprendizagem me torna um sujeito agente de minha aprendizagem, pois com essa reflexão sou capaz de perceber se os meus métodos de aprendizagem são eficazes, de forma a propor alterações no que percebo que não funciona e entender o motivo pelo qual estas coisas funcionam, mantendo-as” Estudante 9.*

As justificativas nas duas categorias oferecem um indicativo de autonomia dos estudantes em relação ao aprendizado. Desta forma, os estudantes começam a apreciar as suas formas de aprendizado e a controlar seus processos cognitivos, ou seja, se dar conta de como sabe determinados assuntos. Com esta postura, os estudantes constroem um espaço para expressar suas opiniões e construir seu próprio conhecimento (RIBEIRO, 2003).

### **Categoria 3- A reflexão pode auxiliar no aprendizado**

Nesta categoria foram classificadas as justificativas de 12 estudantes. A seguir explicitamos três delas:

*“Sim, pois quando eu passo a pensar sobre como, de que maneira eu estou aprendendo, eu estabeleço estratégias de como posso aprimorar este processo, memorizando com mais facilidade aquilo que eu desenvolvo e pratico” Estudante 30.*

*“Sem dúvidas, o fato de eu própria fazer essa avaliação me faz refletir sobre o que eu realmente sei e o que eu apenas imaginava saber” Estudante 34.*

*“Sim, pois assim eu penso, reflito e aprendo a própria matéria, facilitando o aprendizado, pois acabo me envolvendo com as questões” Estudante 35.*

Nas justificativas desta categoria 3 os estudantes mostram de uma forma geral que refletiram através da estratégia proposta, o Modelo Didático Analógico. Ou seja, pensar sobre o próprio processo de aprendizagem torna o sujeito agente da sua própria aprendizagem, pois o faz refletir sobre o mesmo.

### **Avaliação do uso do Modelo Didático Analógico pelos estudantes**

Perguntamos aos estudantes sobre o uso do MDA e obtivemos 42 afirmações indicando que a analogia com o cotidiano ajudou a compreender o conteúdo. Para análise das respostas foram elaboradas 2 categorias indicadas na tabela 5:

CATEGORIA	DEFINIÇÃO
<b>1. A analogia com o cotidiano ajudou de uma forma geral</b>	A analogia com o modelo do cotidiano ajudou, mas não foi especificado exatamente de que forma.
<b>2. A analogia com o cotidiano estabelece relações entre conceitos científicos e assuntos cotidianos</b>	A analogia ajudou, pois permitiu estabelecer relações entre conceitos mais complexos, conceitos científicos, como a síntese de proteínas, e assuntos do cotidiano, como a fábrica.

**Tabela 5** - Categorias de análise empírica para a questão sobre o uso do Modelo Didático Analógico.

#### **Categoria 1 - A analogia com o cotidiano ajudou de uma forma geral**

Nesta categoria foram classificadas as justificativas de 13 estudantes. A seguir explicitamos duas delas:

*“Com a analogia, parece que o entendimento fica mais fácil” Estudante 15.*

*“Consegui fixar muito bem o conhecimento, até mesmo aprendi coisas novas” Estudante 18.*

#### **Categoria 2 - A analogia com o cotidiano estabelece relações entre conceitos científicos e assuntos cotidianos**

Nesta categoria foram classificadas as justificativas de 29 estudantes. A seguir explicitamos quatro delas:

*“No início achei impossível, mas depois percebi que as relações entre coisas diferentes são ótimas, pois cria sinônimos para conceitos” Estudante 32.*

*“Vejo que a analogia me explicou o porquê de tudo e não simplesmente “decorar” como muitas vezes eu fazia” Estudante 40.*

*“...pois permitiu que um conceito científico, como a síntese proteica, aparentemente tão distante de mim e por isso tão difícil de ser entendido, se tornou mais fácil e próximo*

*quando foi comparado com a fábrica de correntes” Estudante 25.*

*“Facilita a compreensão dos conteúdos por que pode ser ligado aos conteúdos presentes no nosso cotidiano e do nosso conhecimento antigo” Estudante 16.*

Nas duas categorias acima os estudantes identificaram que a estratégia de elaborar analogias a través do Modelo Didático Analógico os auxiliou no aprendizado.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo deste trabalho era favorecer a Aprendizagem Significativa Crítica de estudantes universitários em relação a um conteúdo de Biologia através do exercício metacognitivo propiciado pelo uso de uma estratégia potencialmente significativa, o Modelo Didático Analógico. De acordo com a conceitualização de Flavell e colaboradores (Flavell, Miller & Miller, 1999) à respeito da metacognição, esta se refere à cognição sobre a cognição e este processo de se dar conta, é fundamental para uma aprendizagem significativa e crítica.

A cognição corresponde àquilo que sabemos e pensamos desta forma, corresponde àquilo que interage com o tipo de pessoa que somos, com nossa personalidade, entre outras coisas. Para Ribeiro (2003), a prática da metacognição influencia ativamente a aprendizagem dos estudantes e conduz a uma melhoria da atividade cognitiva e motivacional, resultando em uma potencialização do processo de aprender. Desta forma o conhecimento que o estudante possui sobre o que sabe, isto é, a tomada de consciência sobre o seu conhecimento, parece ser fundamental para o entendimento e a utilização de estratégias de estudo, pois tal conhecimento auxilia o sujeito a decidir quando e que estratégias utilizar, assim como contribui para a melhoria do desempenho escolar (Ribeiro, 2003).

A análise das atividades desenvolvidas e das respostas dos estudantes nos permite apontar que de alguma forma todos os princípios da Aprendizagem Significativa Crítica proposta por Moreira (2010), ficaram evidenciadas nesta investigação com o uso do MDA como argumentamos a seguir:

Princípio do conhecimento prévio (1) : os estudantes mostraram que foi mais interessante fazer as relações analógicas solicitadas quando se lhes pediu imaginar uma situação próxima do seu cotidiano. Isto significa recorrer àquilo que o estudante já sabe para estabelecer novas relações. Princípio da interação social e do questionamento (2) e do abandono da narrativa (11): A utilização do MDA na aula favoreceu o diálogo entre professor e estudantes e fundamentalmente entre os estudantes, os quais abandonaram a postura passiva e silenciosa, para a elaboração de justificativas e relações junto com os seus pares. O próprio aluno pode elaborar as suas explicações e o professor pode abandonar o papel de narrador de fatos e verdades. Princípios (3 e 10) da não centralidade do livro texto e do não uso da lousa e diversificação de estratégias: Na docência universitária se prioriza a transmissão de informações e poucas vezes se permite que o estudante seja um agente ativo. O uso quase que exclusivo do computador para “mostrar” uma

apresentação aos alunos é praticamente hegemônico na universidade. Na atividade aqui descrita, foi possível sair da exclusividade de uma estratégia para ampliar a dinâmica do processo de ensino-aprendizagem tanto para o docente quanto para os estudantes.

Princípios do aprendiz como representador (4); do conhecimento como linguagem (5) e da consciência semântica: É importante favorecer a expressão do estudante, ele assim como todos os seres humanos, cria representações do mundo na cultura em que está inserido através da linguagem. Na atividade utilizando o MDA os estudantes dialogaram intensamente e elaboraram textualmente as suas representações sobre o conhecimento, vinculando o cotidiano ao conhecimento escolar. Para o ensino de Ciências a compreensão que aponta Moreira (2010) de que o sentido está nas pessoas e não nas palavras, é de fundamental importância para mudar a dinâmica na sala de aula.

Princípios da aprendizagem pelo erro (7); da desaprendizagem (8); da incerteza do conhecimento (9): Quando os alunos perceberam que as relações criadas por eles e seus colegas eram válidas e que podiam ser mais bem elaboradas, perceberam a não linearidade do conhecimento e das explicações. As explicações podem ser sempre modificadas e melhoradas ou mudadas, neste sentido o erro faz parte da aprendizagem. Por esse motivo é necessário se atrever a usar novas maneiras de pensar e de resolver questões e “desaprender” maneiras que não ajudam a se tornar agentes do processo de ensino-aprendizagem em sala de aula.

Promover o uso de estratégias metacognitivas em sala de aula estimula que os estudantes se afastem do clássico método de “decorar” ou aprendizagem mecânica e apenas memorística, utilizado ainda nas escolas e no ensino superior. Ao se afastar da memorização e se aproximar da reflexão crítica, os estudantes podem compreender as relações entre os procedimentos, o objetivo e o desempenho obtido, alcançando desta forma um nível mais abstrato da compreensão de situações-problema (Davis et al., 2005). Ou traduzindo nas palavras de um estudante que participou desta pesquisa:

*“A disciplina me proporcionou muito mais um aprendizado pessoal além do científico, os conceitos e assuntos foram expostos de forma mais lúcida e simples, o que deveria sempre ocorrer, talvez evitasse a famosa “decoreba” e tornaria principalmente Química, Biologia e Física mais interessante” Aluno 6.*

Pensamos que a pesar que a investigação que aqui se relata descreva uma experiência com alunos universitários, pode se ampliar a reflexão e a discussão sobre a possibilidade de efetivamente levar estas ideias e experiências para o ensino de Ciências em todos os níveis escolares. Nossos estudantes precisam assumir o papel de agentes ativos nas propostas escolares e o exercício metacognitivo vivenciado, neste caso, através do Modelo Didático Analógico promove a tomada de consciência sobre a própria aprendizagem e contribui com a formação de sujeitos autônomos e crítico que é um dos fundamentos para a Aprendizagem Significativa Crítica.

Consideramos que neste caso o exercício metacognitivo favoreceu a Aprendizagem Significativa

Crítica dos estudantes e, embora não tenhamos provas diretas, temos evidências que indicam que os indivíduos além de refletir sobre o que sabem e se dar conta dos seus processos mentais se inseriram no mundo da cultura científica. Isto é relevante uma vez que a Aprendizagem Significativa Crítica é nas palavras de Moreira (2010) a aprendizagem ou perspectiva sobre algum conhecimento que permite ao sujeito fazer parte da sua cultura e, ao mesmo tempo estar fora dela. Nas palavras do autor:

*“A través del aprendizaje significativo crítico es como el alumno podrá formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, no ser subyugado por ella, por sus ritos, sus mitos y sus ideologías. A través de ese aprendizaje es como el estudiante podrá lidiar, de forma constructiva, con el cambio, sin dejarse dominar, manejar la información sin sentirse impotente frente a su gran disponibilidad y velocidad de flujo, beneficiarse y desarrollar la tecnología, sin convertirse en tecnófilo. Por medio de este aprendizaje podrá trabajar con la incertidumbre, la relatividad, la no causalidad, la probabilidad, la no dicotomización de las diferencias, con la idea de que el conocimiento es construcción (o invención) nuestra, que apenas representamos el mundo y nunca lo captamos directamente”.* (Moreira, 2010, p. 7)

Para o grande educador Paulo Freire (1996) a educação deve dar voz aos educandos. O autor insistentemente colocava esta perspectiva indicando a necessidade do indivíduo dizer a sua palavra e a palavra do mundo. E tanto o professor quanto o estudante deviam alimentar a curiosidade epistemológica, pois os sujeitos agentes estão em permanente construção e reconstrução, e são eles os que participam ativamente na transformação do mundo.

## AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à professora da UBA a Dra. Lydia Galagovsky quem gentilmente disponibilizou material e nos apresentou em primeira mão as ideias sobre o MDA.

## REFERENCIAS

- 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.
- Cachapuz, A. (1989). Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*. 2. (3). p. 117- 129.
- Davis, C; Nunes, M; Nunes, C. (2005). Metacognição e Sucesso Escolar: Articulando Teoria e Prática. *Cadernos de Pesquisa*. 125. (35).
- Duarte, M. da C. (2005). Analogias na Educação em Ciências: Contributos e Desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*. 1. (10).
- Flavell, J.H; Miller, P.H; Miller, S.A. *Desenvolvimento Cognitivo*. 3a. Ed. São Paulo, Artmed. 1999.
- Fourez, G. (2003). Crise no Ensino de Ciências? *Investigações em Ensino de Ciências*. 8. (2).

Freire, P. (1996). *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 39 ed. Paz e Terra, São Paulo. 1996.

Galagovsky, L.; Aduriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las ciencias*. (2).

Garófalo, J.; Galagovsky, L. (2005). Modelizar en Biología: Una aplicación del Modelo Didáctico Analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso.

Glynn, S., Britton, B., Semrud-Clikman, M.; Muth, K. (1989). *Analogical Reasoning and Problem Solving in Science Textbooks*. Handbook of Creativity. New York: Plenum Press. 383-398.

Haim L.; Cortón E.; Kocmur S.; Galagovsky L. (2003). Learning stoichiometry with hamburger sandwiches. *Journal of Chemical Education*, 80 (9).

Lemke, J. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1).

Matthews, M. (1995). Historia, Filosofía e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, 12 (3).

Moreira, M. A. (2003). *Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa*. Instituto de Física – UFRGS. Texto base de um minicurso realizado no XV SNEF, Curitiba.

Moreira, M. A. *Mapas conceituais e aprendizagem significativa*. Trabalho adaptado e atualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em O ENSINO, Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, N° 23 a 28: 87-95, 1988. Recuperado em 2 de abril de 2012 de: [http://aragogue.ufrgs.br:8001/rid=1117550740280\\_291904\\_92\\_614/mapasmoreira.pdf](http://aragogue.ufrgs.br:8001/rid=1117550740280_291904_92_614/mapasmoreira.pdf).

Moreira, M. A. (2009) *Subsidios teóricos para el profesor investigador en Enseñanza de las Ciencias: La Teoría del Aprendizaje Significativo*. Porto Alegre, Brasil/Burgos, España. 1ra. Edición.

Moreira, M. A. (2010). Aprendizaje Significativo Crítico. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, nº 6, pp. 83-101, 2ª edición; ISBN 85-904420-7-1.

Rodríguez, M. L. (2008) *La teoría del aprendizaje significativo*. In: \_\_\_\_\_. (Org.) *La teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la psicología cognitiva*. Barcelona: Octaedro, p. 7-44.

Ribeiro, C. (2003). Metacognição: Um apoio ao processo de aprendizagem. *Psicologia: Reflexão e crítica*, 16. (1).

María Elena Infante-Malachias

Professora de Biologia e Ciências Naturais pela *Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación* (1989) de Santiago de Chile; obteve o mestrado (1994) e o doutorado (1999) em Ciências, com pesquisas em Genética e Biologia Molecular de insetos (Díptera) pela Universidade Estadual de Campinas. Realizou estágios de Pós Doutorado nas áreas de Genética Molecular e Ensino de Ciências e Genética/Biologia Molecular pelo IBUSP. Atualmente é professora MS-3 em RDIDP na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo junto ao curso de Licenciatura em Ciências da Natureza. Orientadora plena vinculada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP desde 2007 e orientadora do Programa de Pós Graduação em Estudos Culturais da EACH desde 2010. Coordena o Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Biologia Cultural (GPEnciBiC) que conta com a participação de alunos de Iniciação Científica e de Pós-Graduação.