

## O DESENVOLVIMENTO DE POSSÍVEIS INDICADORES DE INVARIANTES OPERATÓRIOS POR ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO NA DISCIPLINA DE BIOLOGIA

*The development of possible indicators of operative invariants for high school students in the discipline of biology*

**Karen Cavalcanti Tauceda** [ktauceda@terra.com.br]  
**Vladimir Magdaleno Nunes** [vladinunes@terra.com.br]  
*Colégio Estadual Júlio de Castilhos*

*Praça Piratini s/n, Santana, Porto Alegre, RS*

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

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

*Avenida Bento Gonçalves, 9500*

*Agronomia, Porto Alegre, RS*

### RESUMO

O referencial teórico do campo conceitual de Vergnaud é utilizado neste trabalho, que apresenta os primeiros resultados de uma pesquisa em educação em ciências na área de biologia. Inicialmente, se investigou os conceitos da origem do universo e da vida elaborados pelos alunos do ensino médio, na disciplina de biologia. Através de situações-problema desenvolvidas ao longo deste estudo, procurou-se identificar as relações entre a estrutura conceitual e a estrutura cognitiva do aluno. Na análise destas relações, evidenciaram-se a construção de possíveis indicadores de invariantes operatórios de complexidade e características estruturais diferenciadas e que podem orientar futuras pesquisas para o aperfeiçoamento destas situações.

**Palavras-chave:** origem do universo; origem da vida; campo conceitual; invariantes operatórios.

### Abstract

The theoretical Vergnaud's conceptual field is used in this work, which presents the first results of a survey of science education in biology. Initially we investigated the concepts of the origin of the universe and of life in secondary school students, at the discipline of biology. Through problem situations developed over the course of this study, we sought to identify the relationship between the conceptual structure and the cognitive structures of the student. In the analysis of these relations, evidenced in the construction of possible indicators of operative invariants of complexity and structural characteristics differentiated and that can guide future research for the improvement of these situations.

**Keywords:** origin of the universe; origin of life; conceptual field; invariant operative

### Introdução

O ser humano ao interagir com a realidade interpreta-a por meio de seus significados e representações. A Educação em Ciências busca aproximar esses significados e representações daqueles compartilhados pela comunidade científica (Grings et al., 2006). Neste processo de interação-interpretação, ocorre o desenvolvimento cognitivo, cujo problema central é a conceitualização (Vergnaud, 1990). No desenvolvimento cognitivo, o estudante é submetido a distintas situações e as domina progressivamente. As situações e problemas propostos são fundamentais no processo da aprendizagem (Grings et al., 2006). Vergnaud destaca que a aquisição

de conhecimento é moldada pelas situações e problemas previamente dominados e que esse conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais. Muitas concepções são resultado das primeiras situações que o sujeito foi capaz de dominar. Mas existem diferenças entre os invariantes operatórios (conhecimentos-em-ação) que os sujeitos constroem ao interagir com o meio e os invariantes que constituem o conhecimento científico (Moreira, 2002).

A evolução da cognição ocorre quando a estrutura conceitual dos novos conhecimentos interage com a estrutura cognitiva dos conhecimentos prévios (relevantes), promovendo a aprendizagem significativa dos conceitos (Ausubel 1976, 1982). Nesta interação, os conhecimentos ficam mais elaborados e estáveis. Neste processo de conceitualização, as relações entre as estruturas cognitivas humanas e a estrutura dos conceitos podem ser evidenciadas (Grings et al., 2006). Para Vergnaud, os conhecimentos prévios são precursores dos novos conhecimentos, os conhecimentos-em-ação (largamente implícitos) podem evoluir ao longo do tempo para conhecimentos científicos explícitos (Moreira, 2002).

Vergnaud desenvolveu uma teoria psicológica que enfatiza a organização do conhecimento em campos conceituais, que são compreendidos pelos sujeitos ao longo do tempo (Caballero, 2003). Então, os campos conceituais são definidos como um conjunto de situações e problemas cujo domínio requer diversas classes de conceitos, representações simbólicas e operações de pensamento, interligados durante o processo de aprendizagem (Vergnaud, 1983, 1990).

A Teoria dos Campos Conceituais permite analisar as relações entre os conhecimentos explícitos e os invariantes operatórios largamente implícitos do comportamento dos sujeitos em determinadas situações, assim, estudar as continuidades e rupturas entre estes conhecimentos do ponto de vista de seu conteúdo conceitual (Vergnaud, 1993). Para Vergnaud (1998), um conceito adquire sentido através de sua interação com situações e problemas, assimilando as propriedades que formam os conceitos-em-ação e teoremas-em-ação (conhecimentos-em-ação). O teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real e um conceito em ação é uma categoria de pensamento considerada como pertinente. Um conceito está constituído por elementos que se relacionam: situações, invariantes operatórios e suas propriedades que se expressam por meio de diferentes representações simbólicas (Vergnaud, 1996). As situações dão sentido aos conceitos, então o campo conceitual é um conjunto de situações, cujo domínio requer a aplicação de vários conceitos, procedimentos e representações de naturezas distintas (Vergnaud, 1988). Conceitos são definidos por três conjuntos: 1º) S: um conjunto de situações que constituem o referente do conceito; 2º) I: um conjunto de invariantes operatórios (teoremas e conceitos-em-ação) que dão o significado do conceito; 3º) R: um conjunto de representações simbólicas que compõem o significante do conceito. Assim como as situações dão sentido aos conceitos, os esquemas (herança piagetiana) dão sentido às situações. O sentido de uma situação para o sujeito são os esquemas evocados no sujeito para resolver uma situação. Esquema é uma organização invariante da conduta para uma determinada classe de situações (Vergnaud, 1990). Isso significa que um esquema é um elemento cognitivo eficiente (não necessariamente eficaz) para todo um espectro de situações. Dependendo das características de cada situação em particular, pode gerar diferentes seqüências de ações (Vergnaud, 1998). Esquema, segundo Piaget, é a organização no sujeito, de habilidades sensório-motoras e intelectuais e que fornecem condições para solução para situações imediatas ou que necessitem de reflexão (Grings et al., 2006).

Um esquema contém objetivos, antecipações, regras de ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferência. Os invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) são os principais componentes dos esquemas e sua base conceitual, relacionando teoria e prática. Estes invariantes operatórios (maioria das vezes, implícitos), com sua base conceitual e seus objetivos, permitem inferir informações para as regras de ação mais adequadas para abordar as situações (Vergnaud, 1990). Conceitos-em-ação e teoremas-em-ação não são verdadeiros conceitos

e teoremas científicos, mas são componentes essenciais dos esquemas e estes são à base do desenvolvimento cognitivo. Os invariantes operatórios constituem um conhecimento predominantemente implícito e o aluno tem dificuldade em explicá-lo ou expressá-lo, mas isso não significa que tal conhecimento não possa ser explicitado. É através do processo de explicitação do conhecimento implícito, que os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação podem tornar-se verdadeiros teoremas e conceitos científicos. Assim, o caráter do conhecimento muda se for comunicável, debatido e compartilhado (Escudero et al., 2003).

Cabe ao professor (utilizando linguagem e símbolos), assumir a função mediadora do progressivo domínio de um campo conceitual. A partir das dificuldades do aprendiz, ele deve ajudar o aluno a desenvolver uma variedade de esquemas e representações; proporcionar a interação dos conhecimentos expressos pelos estudantes com os conhecimentos científicos, produzindo novos invariantes operatórios, e assim, novos esquemas. Segundo Vergnaud (1994, 1996), o aprendizado ocorre quando os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação se tornam mais próximos dos teoremas e conceitos científicos; o esquema se torna mais complexo e evolui em sua eficiência de resolver situações-problema.

Não se pode evidenciar e analisar as dificuldades encontradas pelos alunos, ignorando as especificidades dos conteúdos envolvidos e não levando em consideração o processo de conceitualização do real produzido pelo aluno (Vergnaud, 1983). O professor é responsável por esta tarefa.

## Objetivos

- Inferir possíveis indicadores de invariantes operatórios que se evidenciem no processo da aprendizagem do campo conceitual da origem do universo e da vida, comparando-os com os conhecimentos científicos.

- Identificar conceitos que os alunos demonstram dificuldade para compreender, ao resolver as situações-problema.

- Formular estratégias cognitivas (situações-problema) que facilitem a aprendizagem dos conceitos científicos, através do estudo da estrutura dos invariantes operatórios (conceitos e teoremas-em-ação).

## Metodologia

O trabalho foi realizado durante os meses de março a maio de 2011, em uma escola pertencente à rede estadual de ensino, o Colégio Júlio de Castilhos, localizado na cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Os dados da pesquisa são referentes a uma turma de 1º ano do ensino médio na disciplina de biologia, no turno da manhã, com 30 alunos aproximadamente, com faixa etária de 14 a 17 anos.

Foram produzidos pelos estudantes textos para responder às situações-problema propostas. Segundo Grings et al. (2006), o desenvolvimento cognitivo ocorre quando o estudante é submetido a distintas situações e as domina progressivamente.

As situações (fundamentais no processo de aprendizagem) foram elaboradas com a intenção de que provocassem a explicitação de invariantes operatórios na resolução das questões (situação) - problema propostas. O texto elaborado foi submetido a uma análise qualitativa, com o objetivo de identificar os possíveis indicadores de invariantes operatórios, as dificuldades do

desenvolvimento conceitual e a adequação das situações problema propostas para a aprendizagem significativa dos conceitos científicos, relacionados à origem do universo e da vida. As situações problema propostas são de resposta aberta. Os dados obtidos permitiram inferir possíveis invariantes operatórios usados pelos alunos na resolução destas situações, durante o processo de conceitualização e assimilação dos significados dos campos conceituais desta pesquisa. O estudante, através da interação com as situações e objetos propostos nas questões-problema, manifesta através da sua linguagem escrita, propriedades, situações e relações que dão significado aos invariantes operatórios e aos conceitos. (Vergnaud, 1998).

As questões (situações) - problema 1 e 2, foram intercaladas com atividades didáticas diversificadas, e com textos sobre o desenvolvimento histórico dos conceitos do universo e da vida. Pretendia-se, com este aporte teórico, fornecer conhecimentos para que os estudantes compreendessem as idéias antigas, místicas, folclóricas e científicas nos contextos históricos em que foram produzidas, identificando elementos de ruptura ou validação destas concepções em seus conteúdos conceituais. As atividades didáticas diversificadas foram aulas com debates, filme, pesquisa de campo e em laboratório. O filme e as aulas práticas resultaram em relatórios produzidos em dupla, visto que a discussão enriquece a compreensão dos conceitos, a aprendizagem significativa e a produção de possíveis invariantes operatórios explícitos. Segundo Moreira (2002), todas as atividades didáticas que promovam o debate são importantes para que os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação possam se tornar progressivamente, verdadeiros conceitos e teoremas científicos, pois o conhecimento explícito, ao contrário do implícito, pode ser comunicado a outros e conseqüentemente discutido.

Todas estas tarefas (atividades didáticas diferenciadas) geraram situações-problema, diferentes daquelas utilizadas para identificar possíveis invariantes operatórios, e que serão descritas logo a seguir; estas foram desenvolvidas individualmente para identificar os possíveis indicadores de invariantes operatórios de cada aluno. A questão (situações) - problema 1, indica os possíveis invariantes operatórios prévios dos alunos. A questão (situações) - problema 2, indica os possíveis invariantes operatórios depois que foram desenvolvidos as atividades didáticas, e as dificuldades encontradas pelos alunos para a compreensão dos conceitos científicos desta pesquisa.

## **Resultados e Discussão**

As respostas dos alunos para as situações-problema 1 e 2, foram divididas em três categorias: 1. Conceitos Cientificamente Aceitos (CCA); 2. Conceitos Híbridos ( $CH = CCA + CCI$ ); 3. Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI), sendo que as categorias 1 e 3 foram propostas por Souza (2005), no estudo da aprendizagem em física. A categoria 2 (Conceitos Híbridos - CH), reuniu as respostas que não se enquadravam em nenhuma das demais categorias deste estudo. Apresentam conceitos científicos (Big-Bang e/ou evolução) e místicos.

Para melhorar a identificação dos possíveis indicadores dos teoremas-em-ação dos diferentes campos conceituais, optou-se por separá-los em CCOU (Campo Conceitual da Origem do Universo) e CCOV (Campo Conceitual da Origem da Vida).

### **Questão-problema 1 (identificação das concepções prévias)**

Explique a origem do universo, sistema solar, planeta terra e a vida, levando em consideração que as galáxias estão se afastando uma das outras. Como explicar que o nosso planeta tem 4,5 bilhões de anos aproximadamente e que estudos revelam o seu passado como “uma bola”

de matéria super aquecida? Os seres vivos sempre existiram? Fósseis de seres vivos de milhões de anos indicam que os seres vivos sempre foram iguais ou tem sofrido modificações?

A seguir, trechos transcritos como exemplos de cada categoria na análise das situações propostas. Os possíveis indicadores de invariantes operatórios (científicos ou não) foram inferidos a partir das respostas dos alunos.

### **Categoria 1 - Conceitos Cientificamente Aceitos (CCA)**

Resposta 1: “...à 4,5 bilhões de anos atrás houve uma grande explosão, onde teve uma chuva de meteoros, onde se formou os rios, lagos e mares, depois veio as bactérias, os crustáceos, os peixes e assim em diante até a origem do homo sapiens.”

Resposta 2: “A origem do universo para mim foi a grande explosão, Big-Bang, e assim formou-se o sistema solar. Com pequenas partes da matéria, foi se formando o planeta....que ganhou forma e assim os continentes se juntaram-se. Em uma única célula a vida começou. O primeiro ser vivo da Terra era um bicho parecido com o girino, com apenas uma célula. Depois a terra ganhou vida com os peixes, dinossauros e outros animais daquela época.”

As respostas desta categoria têm aproximadamente a mesma estrutura e provavelmente, utilizam teoremas-em-ação, similares. Alguns textos indicam maior diversidade de conceitos e são semelhanças em relação à linguagem.

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “o universo originou-se de uma grande explosão.”

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) – Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “a vida começou com a célula ou bactéria e depois apareceram os outros seres vivos.”

A maioria dos possíveis indicadores dos teoremas-em-ação do CCOU não contém o elemento conceitual da evolução do universo, e no CCOV o sentido “apareceram” pode indicar também um teorema-em-ação, implícito não-científico. A não compreensão das formas iniciais de vida, a partir das condições da Terra primitiva, pode significar que o aluno não domina ainda estes conhecimentos, ou que esta visão mecânica do aparecimento da vida pode vir a representar um obstáculo epistemológico na aprendizagem dos conceitos científicos, relacionados à origem e evolução da vida. Vergnaud (2003) salienta que os conhecimentos anteriores podem se tornar obstáculos para os novos conhecimentos.

Na resposta 2, nota-se o conhecimento prévio da evolução do planeta Terra com o possível teorema-em-ação: “o planeta Terra se formou e evoluiu a partir de partes de matéria.” Percebe-se que o sentido de evolução da vida, da forma simples à complexa, está presente nas duas respostas. Nos conhecimentos prévios de ambas as respostas, não ocorrem o indicativo de invariante operatório da origem da vida, como continuidade da evolução do universo.

O conceito evolutivo da vida faz parte do senso comum de forma mais evidente do que o conceito evolutivo do universo. As informações sobre a evolução dos seres vivos encontram-se mais acessíveis na mídia, museus de ciências, filmes de ficção-científica e nas discussões na escola, facilitada também pela ampla divulgação da existência de fósseis, fato que não podem ser refutado por teorias não científicas. A teoria da origem do universo, Big-Bang, citada em muitos textos (inclusive nos textos híbridos), não é compreendida através dos conceitos químicos que relacionam a evolução da matéria subatômica em átomos, moléculas, tampouco nos conceitos físicos de

termodinâmica da matéria do universo primordial. O desconhecimento sobre a evolução do universo, como percebido nesta pesquisa, evidencia a importância de desenvolver este campo conceitual, importante para compreender a dialética da matéria em direção à origem da vida.

### **Categoria 2 – Conceitos Híbridos (CH = CCA + CCI)**

Resposta 1: “Acredito que foi tudo criação de Deus. Ele como força maior fez sim todo o universo, sistema solar... Deus está nos pequenos detalhes, assim como a vida, os humanos, animais, plantas... Outra teoria válida foi a da explosão do Big-Bang, mas não tenho muita informação de como as coisas se seguiram, como os humanos foram evoluindo e tal.”

Resposta 2: “...para mim a origem de tudo é Deus,..criou tudo o que existe, o universo,...e vida. Não deixo de acreditar na teoria científica...acredito que ele criou os seres que evoluíram como a teoria científica explica.”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “o universo e tudo o que existe foi criação de Deus” e “a teoria científica também explica a origem do universo.”

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) – Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1: “Deus está na vida” e “não sei como foi a evolução dos humanos” e resposta 2: “Deus criou os seres vivos e eles foram evoluindo de acordo com a teoria científico.”

Os possíveis indicadores de invariantes operatórios desta categoria, para o CCOU, indicam a coexistência de explicações (científicas ou não), podendo-se inferir um invariante operatório mais amplo: “o universo foi criado por Deus apesar da ciência também explicar sua origem.” A teoria da evolução do universo, mais uma vez, não é citada. Estas informações ainda não fazem parte do senso comum dos estudantes, então o desenvolvimento da aprendizagem do CCOU no ensino médio torna-se importante, principalmente na disciplina de biologia. Desta forma, é possível relacionar os primórdios do universo com a origem e evolução da vida. Com relação ao CCOV, ocorre a tendência de explicar a origem da vida de forma não-científica e mencionar a evolução dos seres vivos de acordo com a ciência. Um invariante operatório mais amplo seria: “Deus criou os seres vivos e estes foram evoluindo.”

### **Categoria 3 - Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI)**

Resposta 1: “Eu acredito que Deus criou o universo. Ele criou a Terra e fez aparecer a primeira célula, e a partir daí o mundo foi evoluindo.”

Resposta 2: “Origem do Universo, eu acho que foi Deus que criou tudo, e depois veio Adão e Eva...”

Nesta categoria, o CCOU se complementa com o CCOV, visto que o teorema-em-ação “Deus criou o universo” apresenta uma continuidade com a idéia da criação da vida em suas diferentes formas: “a partir da criação do universo, Deus criou a vida e ela foi evoluindo.” A idéia da evolução da vida está presente na maioria dos textos. Mais uma vez, não se encontra possíveis invariantes operatórios sobre a evolução do universo.

Nesta categoria, os textos apresentam simplificação estrutural indicando a utilização de possíveis teoremas-em-ação, similares e inadequados, os quais traduzem uma não compreensão dos campos conceituais (ou não aceitação destes) envolvidos nas situações da questão-problema 1.

## Questão-problema 2

O universo sempre existiu ou teve um início? E a matéria que constitui o universo esteve da mesma forma que a conhecemos atualmente (seres vivos, planetas, nebulosas, galáxias, etc.) ou sofreu modificações? Como explicar as modificações ambientais atuais? Elas também ocorreram a milhões de anos atrás? Os seres vivos acompanham estas mudanças?

A questão-problema 2 foi reformulada para enfatizar situações que promovam a explicitação de invariantes operatórios relacionados à evolução do universo, à evolução da vida como consequência da evolução do universo e das condições ambientais do planeta, visto que, as respostas referentes aos conhecimentos prévios (relacionada à questão-problema 1) não explicitaram estes possíveis teoremas-em-ação.

### Categoria 1 – Conceitos Cientificamente Aceitos (CCA)

Resposta 1: “O universo surgiu do Big-Bang que foi uma explosão. Os planetas em choque por causa do Big-Bang e dos impactos dos meteoros. Meteoros que levam partículas de água bateram com os planetas e partículas de chuva dos meteoros. Depois a vida que as células evoluíram.”

Resposta 2: “O universo surgiu depois de uma enorme explosão e a galáxia foi decorrente também da explosão que foi chamada de Big-Bang. O sistema solar é como um subsistema que tem dentro da galáxia e o planeta Terra é uma das esferas de enorme matéria. A vida surgiu depois de milhões de anos através de vários fatores como partículas de água e outros.”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “o universo surgiu a partir de uma explosão chamada Big-Bang”. Resposta 1: “Os planetas são afetados pelo Big-Bang e partículas de chuva dos meteoros.” Resposta 2: “A galáxia e o sistema solar foram decorrentes da explosão do Big-Bang.” “O planeta Terra é uma esfera e tem grande quantidade de matéria.”

No CCOU a estrutura das respostas sugere uma diversidade e complexidade maior dos possíveis indicadores de invariantes operatórios, que aqueles identificados nas respostas relacionadas aos conhecimentos prévios. Já se encontra o conceito de evolução do universo em alguns possíveis teoremas-em-ação. Este fato sugere que as intervenções didáticas, (com situações-problema diversificadas), concomitante com a reformulação da questão-problema, poderiam estar promovendo respostas com possíveis indicadores de teoremas-em-ação, diversificadas e adequadas cientificamente (que envolvam o conceito de evolução do universo). Ambas as respostas possuem possíveis indicadores de teoremas-em-ação que evidenciam a compreensão da relação da evolução do universo com a origem das galáxias, e o planeta como resultado deste movimento da matéria: “O universo surgiu a partir do Big-Bang, formando as galáxias, sistema solar e o planeta Terra.”

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) – Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1: “meteoros levam água para o planeta e depois a vida, representada pela célula, evolui.” Resposta 2: “a vida surgiu depois de milhões de anos através de vários fatores como a existência de água.” Nota-se que embora o teorema-em-ação da resposta 1 apresente uma explicação inadequada para a causa da existência de água (meteoros levam água para o planeta), a consequência deste fato é correta (existência de vida e evolução da célula como consequência da ocorrência de água). Os possíveis invariantes operatórios sugerem uma aprendizagem significativa para lidar com as situações-problema relacionadas à origem da vida, pois a essência deste campo

conceitual é a compreensão do conceito de evolução como precursora da vida no planeta. As respostas desta categoria apresentam estrutura semelhante indicando a utilização de possíveis teoremas-em-ação, similares. A ocorrência de alguns fatores ambientais (água) no planeta é indicada como uma das causas da origem da vida.

A estrutura dos teoremas-em-ação do CCA dos conhecimentos prévios, e dos novos conhecimentos, apresentou similaridade; porém, foram acrescentados teoremas-em-ação relativos ao CCOU aos novos conhecimentos.

### **Categoria 2 – Conceitos Híbridos (CH = CCA + CCI)**

Resposta 1: “ Eu gosto de brincar dizendo que Deus mandou o Big-Bang explodir e em sete dias criou em sua mente como a vida viria a seguir daí ele pôs tudo na teoria da evolução.”

Resposta 2: “Para mim Deus criou o mundo e tudo o que existe no universo. Não acho que as teorias científicas por isso estejam erradas (Big-Bang, evolução), mas que isso só aconteceu porque Deus quis assim.”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “Deus criou o universo através do Big-Bang porque ele quis assim.”

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “A teoria científica da evolução existe porque esta é a vontade de Deus.”

As respostas relacionadas aos CCOU e CCOV sugerem simplicidade na estrutura dos possíveis indicadores de invariantes operatórios, se comparada (a estrutura) daqueles encontrados nos textos CCA. As situações-problema propostas nas intervenções didáticas juntamente com as modificações da questão-problema parecem não terem sido suficientes para promover rupturas nos conhecimentos anteriores destes alunos. Não há evidências de que os alunos não compreenderam os conceitos relativos à origem do universo e da vida, pelo contrário, ao fazer referência de sua existência, explicam a teoria científica através da teoria não-científica. Comparando os CH (das concepções prévias e dos novos conhecimentos), observa-se que, a estrutura dos teoremas-em-ação das explicações do CCOU é similar e inadequada cientificamente. Os teoremas-em-ação do CCOV das concepções prévias assemelham-se por acrescentar o conceito evolutivo, embora em ambas as explicações, estão relacionadas aos CCI “é a vontade de Deus.”

### **Categoria 3 – Conceitos Cientificamente Inadequados (CCI)**

Resposta 1: “ A única coisa que eu acredito é que Deus fez o mundo: a Terra... os animais... fez o homem chamado Adão...”

Resposta 2: “ Eu acredito que tudo que tem na Terra, no universo foi Deus que criou... acredito também que foi ele que fez surgir a vida...”

Campo Conceitual da Origem do Universo (CCOU) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “ Deus criou o universo e a Terra.”

Campo Conceitual da Origem da Vida (CCOV) - Possível indicador do teorema-em-ação da resposta 1 e 2: “ Deus criou a vida.”



Comparando os CCI (das concepções prévias e dos novos conhecimentos), encontra-se a mesma simplificação estrutural e conceitual dos teoremas-em-ação. Em relação à diversidade, os textos referentes aos CCA apresentam em sua estrutura diferentes conceitos e teoremas-em-ação se comparados com os textos da categoria dos CCI. Este fato pode ser explicado pela natureza da estrutura das respostas dos CCA. As explicações que levam em conta as teorias científicas apresentam diferentes possibilidades de construção de invariantes operatórios para explicar os acontecimentos da situação problemática, mesmo que, em algumas explicações incorram em alguns erros conceituais, como por exemplo: “o meteoro levou água para o planeta acarretando a possibilidade do surgimento da vida.”

Pode-se dizer que os CCI não são concepções alternativas, pois os alunos desenvolveram estas explicações para dar conta de diferentes situações que envolvem o problema das origens e evolução do universo e da vida. Então, estes possíveis invariantes operatórios seriam uma regra implícita que integrariam um esquema e modelos mentais necessários para resolver as situações desta classe. De qualquer forma, estes conceitos são inadequados cientificamente, não correspondem às situações-problema propostas, principalmente no que diz respeito à origem do universo. Estas possíveis causas já foram explicitadas anteriormente no item dos CCA das concepções prévias.

As informações que resultam das questões-problema indicam a compreensão (ou não) dos alunos, e servem como indicativo para delinear e adequar situações-problemas que sejam eficazes na promoção de invariantes operatórios significativos e próximos dos conhecimentos científicos. Na presente pesquisa, percebeu-se que as questões-problema deveriam enfatizar situações que promovessem explicações, através de teoremas-em-ação, relacionados à origem do universo. Segundo Souza (2005), o estudo do campo conceitual tem como objetivo identificar e aplicar estas situações e estudar o processo de resolução destas questões-problema pelos estudantes. É neste processo que o aluno explicita os teoremas-em-ação, e cabe ao professor, avaliá-los e utilizá-los para a construção de materiais instrucionais que contenham situações que desenvolvam a aprendizagem significativa. Grings et al. (2006), afirma que as situações propostas são fundamentais no processo de aprendizagem.

Neste estudo, identificou-se reduzida diversidade de teoremas-em-ação na explicitação da questão-problema 1 (conhecimentos prévios), principalmente no CCOU (Campo Conceitual da Origem do Universo). Isto pode ser explicado pelo uso de materiais pedagógicos em séries anteriores (ciências) que não enfatizam as teorias científicas da origem e evolução do universo, acompanhada pela reduzida exposição destas teorias nos meios de comunicação que efetivamente alcancem a maioria da população. De acordo com Vergnaud (1998), o baixo nível de conceitualização se caracteriza por reduzidos níveis de explicitação de invariantes e suas representações; quando os aspectos procedimentais e operacionais predominam sobre o uso de predicados, se expressaria uma maior riqueza conceitual, por parte do estudante.

Neste trabalho, procurou-se determinar possíveis indicadores de invariantes operatórios que seriam obstáculos epistemológicos para os alunos, durante a aprendizagem dos campos conceituais em questão. Ausubel (1986) afirma que para ocorrer a aprendizagem significativa dos conceitos, uma nova informação deverá interagir com os conhecimentos preexistentes na estrutura cognitiva do aluno. Assim, é necessário levar em consideração os conhecimentos prévios no processo ensino-aprendizagem. Os invariantes operatórios, ao contrário das concepções alternativas, por relacionarem-se a várias situações problemáticas, não são tão evidentes e podem bloquear eficazmente a apreensão de um campo conceitual. Nesta pesquisa, se identificou possíveis indicadores de teoremas-em-ação, não científicos (místicos), que provavelmente dificultaram a explicitação e compreensão das teorias da origem do universo e da vida.

Este trabalho propõe-se a indicar possíveis invariantes operatórios nas respostas das situações propostas aos alunos do 1º ano do ensino médio na disciplina de biologia. Para identificar efetivamente estes invariantes, seriam necessárias muitas situações e relações envolvendo cada conceito. Apesar de diagnosticar apenas o indicativo destes invariantes, algumas dificuldades para a compreensão significativa dos CCOU e CCOV foram identificadas. Estas dificuldades poderão servir de referência para avaliar as propostas pedagógicas atuais e elaborar novas. Percebeu-se, que as situações-problema referentes à origem e evolução do universo e da origem da vida, não foram eficazes para a explicitação destes invariantes operatórios. Este fato pode ser explicado, quando consideramos que a apresentação destes invariantes operatórios, pelos alunos, levam em conta mais do que aspectos cognitivos.

Segundo Vergnaud (1982) e Grings et al. (2006), a compreensão significativa dos conceitos é um processo lento, onde os significados, interagindo com diferentes situações podem tornar-se conceitos científicos. A teoria dos campos conceituais leva em conta que o domínio de um campo conceitual (aprender e desenvolver competência para responder a situações-problema), é progressivo e demorado. Considerando as características dos CCOU e do CCOV, este domínio envolve mais do que desenvolver os conceitos científicos em questão. Estes campos conceituais envolvem também crenças e sentimentos que provavelmente vão estar relacionados às explicações científicas, como visto neste estudo. Também ocorreram situações em que os alunos negaram totalmente as teorias científicas. Nestes casos, as crenças serviram de obstáculos epistemológicos, talvez não à compreensão; pois a teoria científica seria um invariante operatório implícito; mas a aceitação de que a ciência explica estes fenômenos, e isto não se pode negar.

Estudos que relacionam a educação científica e religiosa indicam que há divergências de opiniões sobre o tema (Sepulveda & El-Hani, 2004). Mahner & Bunge (1996) afirmam que dados os conflitos doutrinários, metafísicas, metodológicas e atitudinais entre ciência e religião, a educação religiosa é incompatível com a educação científica. Já Woolnough (1996) e Lacey (1996), interpretam que a educação religiosa e educação científica são independentes e complementares, pois a ciência e religião respondem a diferentes necessidades humanas. Porém, a síntese entre estas duas formas de conhecimento provoca distorções de ambas e à construção de estruturas de conhecimento inconsistentes (El-Hani & Bizzo, 1999, 2002). Percebeu-se, nesta pesquisa, que as concepções híbridas (CH), como por exemplo: “Deus criou o universo através do Big-Bang porque ele quis assim”, praticamente encerram a questão sobre a origem do universo, dificultando a exploração de novas situações problema, relativas ao CCOU.

A evolução da vida é um conceito relativo ao Ensino de Ciências mais polêmico em relação ao conhecimento religioso (Sepulveda & El-Hani, 2004). Neste estudo, identificou-se a utilização de possíveis indicadores de invariantes operatórios relativos a este tema (fazendo parte dos CCOV), nas respostas “híbridas” e nas respostas com CCI. El-Hani & Bizzo (1999, 2002) consideram possível a convivência de crenças contraditórias na ecologia conceitual de um indivíduo, desde que elas sejam empregadas em contextos diferentes. Parece que, quando o aluno afirma que: “Eu gosto de brincar dizendo que Deus mandou o Big-Bang explodir e em sete dias criou em sua mente como a vida viria a seguir, daí ele pôs tudo na teoria da evolução”, ocorrem duas dimensões de acontecimentos, a dimensão da vontade divina e a dimensão dos acontecimentos do Big-Bang e da evolução. O aluno construiu uma explicação funcional (teorema-em-ação) para o problema, porém, cientificamente inconsistente.

Quando os conceitos científicos contrariam a orientação geral da visão de mundo dos alunos, é possível ocorrer alternativas à acomodação daqueles conceitos. Entre estas alternativas, Cobern (1996) destaca um fenômeno denominado “apartheid cognitivo”, no qual o aluno não se apropria realmente do conhecimento científico, coloca-o isolado na sua estrutura cognitiva, mobilizando-o nas avaliações, por exemplo, sem chegar a efetivamente utilizá-lo em sua vida

cotidiana. Muitas das respostas CCA a respeito da origem do universo e da vida podem estar enquadradas nesta categoria. Seriam necessárias situações-problema mais diversificadas durante um longo período de ensino para perceber se o aluno realmente se apropriou destes conceitos científicos.

A visão de mundo é desenvolvida em diferentes tradições culturais, diversas da ciência. Em muitos casos, por exemplo, para os estudantes cujas explicações para as situações problema foram com CCI ou CH, a educação científica deve enfatizar a compreensão dos conceitos científicos como objetivo do processo de ensino e aprendizagem, e não esperar que os alunos os apreendam ou criem neles (Cobern, 1994).

O objetivo a ser perseguido pelo Ensino de Ciências, segundo Cobern (1996) consiste no desenvolvimento de uma visão de mundo compatível com a ciência, e não necessariamente de uma visão de mundo científica. Já Mahner & Bunge (1996), afirmam que, na formação da visão de mundo, os alunos devem escolher entre uma perspectiva religiosa e uma perspectiva científica. De qualquer maneira, muitos alunos optaram por desenvolver explicações que continham “uma visão de mundo compatível com a ciência.” Optaram por misturar teorias científicas com as místicas (religiosas). Resta saber se este comportamento foi devido falta de compreensão das teorias científicas ocasionada pelas situações-problema pouco diversificadas ou por negação das teorias científicas por razões de filosóficas (crenças e religião).

Para Cobern (1996), o Ensino de Ciências deve ter o objetivo de tornar tais teorias, modelos e conceitos compreensíveis para os estudantes e não esperar que os alunos apreendam as teorias, os modelos e os conceitos da ciência, percebendo-as como verdade. Neste sentido, a Teoria dos Campos Conceituais pode tornar-se importante, pois prioriza as situações que darão sentido aos conceitos científicos e o estudo da estrutura destes conceitos relacionando-os com os conhecimentos prévios dos estudantes. Então, segundo Mortiner, a aprendizagem das ciências ocorrerá através da aplicabilidade das várias zonas de seu próprio perfil conceitual.

A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, tem se mostrado eficaz na pesquisa no ensino de física (Costa & Moreira, 2005; Moreira, 1998, 2002; Escudero et al., 2003). Já consolidada no ensino de matemática, propõe-se o desenvolvimento de novas pesquisas, em diferentes campos conceituais, utilizando este referencial teórico que se mostra promissor na pesquisa do ensino de biologia.

## Referências Bibliográficas

- Ausubel, D. P. (1976) *Psicologia Educativa: um Ponto de Vista Cognoscitivo*. México: Editorial Trillas.
- \_\_\_\_\_ (1982) *Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes.
- Caballero, M.C.S. (2003) *La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos*. Atas do Programa Internacional de Doutorado em Ensino de Ciências da Universidade de Burgos/UFRGS (Actas PIDEDEC), Porto Alegre, 5, p. 137 -154.
- Costa, S. S. C. & Moreira, M. A. (2005) Knowledge-in-action: an example with rigid body motion. *Research in Science & Technological Education*, Nottingham, 23(1), 99-122.
- Cobern, W. W. (1994) World view, culture, and science education. *Science Education International*, 5(4), 5-8.

\_\_\_\_\_ (1996) Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*, 80(5), 579-610.

El-Hani, C. N. & Bizzo, N. (1999) *Formas de construtivismo: Teoria da mudança conceitual e construtivismo contextual*. In Moreira, M. A. & Ostermann, F. (Orgs.) Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Porto Alegre: ABRAPEC.

\_\_\_\_\_ (2002) Formas de construtivismo: Mudança conceitual e construtivismo contextual. *FAE*, Belo Horizonte, (4), 1-5.

Escudero, C.; Moreira, M. A. & Caballero, M. C. (2003) Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 201-226.

Grings, E. T. O.; Caballero, C. & Moreira, M. A. (2006) Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos da termodinâmica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 28(4), 463-471.

Lacey, H. (1996) On relations between science and religion. *Science & Education*, 5(2), 143-153.

Mahner, M & Bunge, M. (1996) Is religious education compatible with science education? *Science & Education*, Pennsylvania, 5(2), 91-99.

Moreira, M. A. A. (2002) A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, 7(1), 7-29.

Sepúlveda, C. & El-Hani, C. N. (2004) Quando visões de mundo de encontram: religião e ciência na trajetória de formação de alunos protestantes de uma licenciatura em ciências biológica. *Investigação em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, 9(2), 137-175.

Sousa, C. M. S. G.; Moreira, M. A. & Matheus T. A. M. (2005) *A resolução de situações-problema experimentais no campo conceitual do eletromagnetismo: uma tentativa de identificação de conhecimentos-em-ação*. In V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (V ENPEC), Bauru.

Vergnaud, G. (1982). A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In CARPENTER, T., MOSER, J. & ROMBERG, T. *Addition and subtraction. A cognitive perspective* (pp. 39-59). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.

\_\_\_\_\_ (1983) Quelques problmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. *Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures, França.

\_\_\_\_\_ (1988) Multiplicative structures. In HIEBERT, H. & BEHR, M. (Eds.) *Research Agenda in Mathematics Education. Number Concepts and Operations in the Middle Grades* (pp. 141-161). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.

\_\_\_\_\_ (1990) La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, Notre-Dame, 10(23), 133-170.

\_\_\_\_\_ (1993) Teoria dos campos conceituais. In: *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, Brasil.

\_\_\_\_\_ (1994) Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H. & CONFREY, J. (Eds.) *The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics* (pp. 41-59). Albany, N.Y.: State University of New York Press.

\_\_\_\_\_ (1996) A trama dos campos conceituais na construção dos conhecimentos. *Revista do GEMPA*, Porto Alegre: Ed. GEMPA, 4, 9-19.

\_\_\_\_\_ (1998) Comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, Amsterdã, 17(2), 167-181.

\_\_\_\_\_ (2003) *Por que ainda há quem não aprende?* Petrópolis: Editora Vozes.

Woolnough, B. (1996) On the fruitful compatibility of religious education and science. *Science & Education*, 5(2), 175-183.