

# AS SITUAÇÕES-PROBLEMA E OS EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO: OS CAMPOS CONCEITUAIS NA APRENDIZAGEM DE LICENCIANDOS DA EDUCAÇÃO DO CAMPO - CIÊNCIAS DA NATUREZA

Karen Cavalcanti Tauceda, Vladimir Magdaleno Nunes, Tarliz Liao  
*Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

**RESUMO:** O trabalho discute a aprendizagem em ciências da natureza na educação do campo, à luz dos campos conceituais. Foi analisado o conceito “efeitos biológicos da radiação”, desenvolvido por uma turma de Licenciatura em Educação do Campo: Ciências da Natureza, em 2015. Foram elaboradas situações-problema e analisados os possíveis invariantes operatórios produzidos. Identificou-se dificuldades na conceituação, principalmente pela não explicitação de conceitos relacionados à estrutura sub atômica da matéria inorgânica e orgânica, e pela relação deste conceito com o de ionização. Através da identificação dos possíveis invariantes operatórios, pode-se constituir a estrutura conceitual das situações-problemas, melhorando a aprendizagem.

**PALAVRAS CHAVE:** efeitos biológicos da radiação, campos conceituais, situações-problema, ciências da natureza, educação do campo.

**OBJETIVOS:** A pesquisa faz parte de um projeto mais amplo, que investiga as aprendizagens em ciências da natureza dos licenciandos da educação do campo, na perspectiva dos campos conceituais. O artigo propõe-se a formular hipóteses e aprofundar a discussão sobre o papel das situações-problema e da identificação dos possíveis invariantes operatórios, para a aprendizagem em ciências. No caso do contexto deste estudo, a aprendizagem relacionada à conceituação dos efeitos biológicos da radiação.

## MARCO TEÓRICO

Vergnaud (1996) destaca que a Teoria dos Campos Conceituais é uma teoria cognitivo-sócio-interacionista; a aquisição de conhecimento é moldada pelas situações e problemas previamente dominados e que esse conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais; as concepções vêm das primeiras situações dominadas ou da experiência tentando modificá-las. Nas conexões conceituais intermediadas pelas situações-problema, é que ocorre a promoção dos conhecimentos (VERGNAUD, 1990). Em um contexto de investigação-ação de formação de professores de ciências do campo, inúmeras são as situações

potencialmente problematizadoras da aprendizagem, e situações de ensino que emergem das interações entre os sujeitos que ensinam e aprendem. São situações que provocam no professor, questionamentos sobre o aprender do aluno, fazendo com que este desenvolva novas formas de ensinar; por sua vez, estas situações também produzirão questionamentos sobre o seu aprender, resignificando a sua prática.

Vergnaud (2007) afirma que na resolução de situações, os sujeitos enunciam os objetos de pensamento, suas propriedades, suas operacionalidades e aspectos procedimentais dos conhecimentos. Este processo investigativo de reflexão-ação será promovido em situações de ensino que apresentem potencial para o debate (tornar os conhecimentos implícitos em explícitos), negociações de significados, argumentações, exemplos, comparações, relações (GROSSI, 2006). Segundo Vergnaud (1994), os conhecimentos explícitos podem ser debatidos, os implícitos não.

Vergnaud (1990) afirma que um conceito é constituído por um conjunto de situações que darão sentido ao conceito; um conjunto de invariantes operatórios (conceito e teoremas-em-ação) em que se baseia a operacionalidade dos esquemas, ou seja, os significados dos conceitos que estão amplamente implícitos; e um conjunto de representações simbólicas que permite representar um conceito, suas propriedades, as situações e os procedimentos. Um esquema é um plano de ação, uma estratégia que abrange uma classe de situações. Teorema-em-ação é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente.

## METODOLOGIA

O trabalho faz parte de uma pesquisa da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Brasil, sobre a aprendizagem de conceitos das ciências da natureza (química, física e biologia) e a educação do campo, sob o enfoque da teoria dos campos conceituais.

Foram propostas três situações-problema ao longo de quinze dias do mês de agosto de 2015, sendo que a primeira situação foi proposta no 1º dia e as duas seguintes no último dia da quinzena analisada. A disciplina relacionada ao conceito estudado é a “Ciências da Natureza 5: Átomos, Núcleo e Radioatividade”, desenvolvida no 3º semestre do curso de Licenciatura em Educação do Campo: Ciências da Natureza, por uma turma de 25 estudantes, aproximadamente, com idade entre 25 e 55 anos. Estes estudantes fazem parte do contexto escolar, ou como professores ou funcionários de escola.

As disciplinas das ciências da natureza do curso de licenciatura em educação do campo da UFRGS, desenvolvido no campus Litoral Norte, podem contar com a presença de mais de um professor da área das ciências da natureza, sendo que estes podem intercalar as mediações durante o desenvolvimento da aula. No caso deste estudo, o professor de biologia realizava as mediações, mas ocorreram participações pontuais dos professores de física e química. A elaboração da situações-problema 1 foi compartilhada pelo professor de biologia e física.

A situação-problema 1 foi utilizada para identificação das concepções prévias sobre a estrutura da matéria. Após a explicitação e debate das respostas, seguiu-se uma atividade prática relacionada à quebra da matéria por ação da força, para problematizar o conceito da constituição da matéria.

Todas as situações foram intercaladas com discussões e debates mediados pelos professores.

A situação-problema 3 foi proposta depois do filme sobre o acidente radioativo do Césio 137 e da proposta de uma reflexão sobre os efeitos da radiação nos seres vivos evidenciados neste filme. Também antes da resolução da situação 3, foi proposto um texto sobre os efeitos biológicos da radiação.

Foram escolhidas aleatoriamente as situações-problema produzidas pelos alunos desta turma, que seriam analisadas pela pesquisadora e também autora principal deste estudo; no total foram três textos para cada situações-problema. Em cada texto seguiu-se o critério de escolha dos invariantes o da originalidade do invariante, ocorrendo em alguns casos, a reunião de vários invariantes em uma mesma categoria de construção conceitual, quando estes apresentavam similaridade estrutural.

A teoria/metodologia dos campos conceituais, na formação de licenciandos de ciências da natureza da Educação do Campo, baseia-se em situações de ensino e problemas significativos, e considera aspectos da pesquisa-ação de segunda ordem, de acordo com os enunciados de Elliott (1998). O contexto de aprendizagem configura-se em problema para ambos, universidade, licenciandos, escola e outros contextos educativos, construindo bases epistemológicas alternativas, onde a teoria e a prática se envolvem de forma interativa.

## RESULTADOS

Abaixo são listados as situações-problema e os possíveis invariantes operatórios correspondentes. Na sequência, são discutidos os invariantes explicitados à luz da teoria dos campos conceituais e da aprendizagem significativa de Ausubel (1982).

O objetivo da situação-problema 1 foi identificar a compreensão da constituição do universo, promovendo uma generalização relacionada à esta explicação. O questionamento relacionado à união destas partículas contribui na aprendizagem sobre a estrutura atômica e molecular da matéria.

Situação-problema 1: Do que são feitas todas as coisas, os seres vivos, as coisas inanimadas, o universo de forma geral? O que as preserva unidas?

Possíveis invariantes operatórios: 1. Todas as coisas são feitas de partículas fundamentais, os átomos, ligados entre si pela força eletromagnética. 2. Os átomos dão forma à todos os objetos ou massa. 3. Tudo começa por partículas fundamentais que apresentam função e a partir daí nasce todas as coisas. 4. A ausência de força e energia (calor) preserva a união entre as partículas.

O conceito de átomo é explicitado nos invariantes 1 e 2, mas não nos invariantes 3 e 4, onde a expressão “partículas fundamentais” é utilizada. A compreensão da constituição atômica da matéria é esperada em alunos que estão na graduação. Porém identificamos através da análise dos invariantes, que uma situação-problema que propusesse a explicação sobre a origem da matéria e como ela evoluiu, poderia evidenciar conhecimentos também relacionados à constituição da matéria mas de uma forma operacional, isto é, o conceito de átomos e partículas evidenciados nos invariantes da situação 1 poderiam ser considerados como conhecimentos em ação operacionais, como propõe Vergnaud (2003, 2007), onde o conceito de átomo e “partículas fundamentais”, é aplicado na resolução de uma situação-problema. O conceito e a sua compreensão pelos estudantes de “partículas fundamentais” também poderia ser investigado a partir da modificação da situação-problema 1 proposta neste trabalho.

O objetivo da situação-problema 2 é iniciar a promoção da relação conceitual da constituição atômica da matéria e os fenômenos da radiação, a partir da identificação destes últimos, no dia a dia. Esta relação, poderia ter sido mais explicitada ampliando a situação-problema proposta, como por exemplo: “Existe relação entre a estrutura atômica da matéria e o fenômeno da radiação identificado por você em diferentes contextos?”

Situação-problema 2: Quais situações do seu cotidiano que você identifica a existência da radiação? Como você identifica esta existência?

Possíveis invariantes operatórios: 1. Pode ocorrer insolação pelo efeito dos raios ultra violeta da radiação do sol. 2. A radiação do micro-ondas é uma força de energia para gerar calor (aquecer). 3. A radiação através de exames de RX emite energia por meio de átomos que oscilam em torno de sua posição de equilíbrio. 4. A radioterapia muitas vezes deixa o paciente mal pelos danos da radiação. 5. O contato constante com a luz do sol transmite radiação que queima a pele e traz doenças (câncer de pele).

Identificou-se a explicitação do conceito de radiação no dia a dia fundamentada principalmente, na radiação solar e aquela utilizada na medicina (RX e radioterapia). No invariante 2, o conceito de “força” não está adequado para a situação-problema proposta. No invariante 3, a compreensão sobre a origem da radiação emitida pelo RX não está evidente. Quando o aluno formula a explicação em torno do conceito

de átomo, será que ele compreende que é a propagação da energia a partir dos núcleos atômicos ou ondas eletromagnéticas? A ampliação conceitual da situação-problema proposta acima, poderia contribuir na conceituação da radioatividade a partir da compreensão das estruturas sub atômicas da matéria.

A situação-problema 3 propõe o início da conceituação dos efeitos biológicos da radiação a partir da compreensão da estrutura atômica, sub atômica e molecular da matéria e de que os fenômenos relacionados à radiação identificados no cotidiano e que apresentam alguma relação com os seres vivos, podem ser explicados pela interação da propagação desta energia (com diferentes origens) com a estrutura atômica das moléculas orgânicas existentes nas estruturas celulares que constituem os organismos.

Situação-problema 3: Considerando a constituição molecular e atômica das moléculas orgânicas (proteínas, lipídios, glicose) que formam a estrutura dos seres vivos (as células e suas organelas e estruturas complexas: membrana celular, DNA, RNA, núcleo, ...), explique e dê um exemplo das interações a nível atômico, das radiações ditas ionizantes com a célula.

Possíveis invariantes operatórios: 1. A radiação emitida interage com o núcleo dos átomos, modificando sua estrutura no seu interior tornando a célula defeituosa; como a célula se reproduz, irá reproduzir-se de maneira indevida. 2. No tratamento radioterápico são emitidas ondas de radiação diretamente na lesão, matando as células, ionizando-as, removendo os elétrons modificando o seu comportamento, matando as células em volta, criando lesões ou causando mutações genéticas nas células. 3. A radiação a nível atômico consiste em atravessar a matéria modificando a sua estrutura. 3. Modifica o seu DNA acarretando uma desorganização da célula levando a se dividir ou multiplicar-se, tendo como consequência, por exemplo, o câncer de pele.

No invariante 1, não há compreensão da interação da radiação com a estrutura molecular da célula, pois não é a interação com o núcleo dos átomos das moléculas orgânicas que provoca o defeito na célula, mas a remoção de elétrons da órbita destas moléculas orgânicas, pela energia radioativa corpuscular ou eletromagnética, modificando o “comportamento químico” destas moléculas orgânicas que constituem as estruturas celulares (e que vão afetar a constituição das células, a sua estrutura e/ou reprodução). O invariante 2 não indica compreensão significativa relacionada à questão investigada (efeitos biológicos da radiação), pois o conceito de ionização apresentado na situação-problema não está explicitado na resposta do aluno. Segundo Ausubel (2000) a aprendizagem ocorre a partir do que o aluno já sabe. A não conceituação de ionização na resolução da situação-problema pode indicar que este estudante ainda não compreende este fenômeno a partir da energia produzida pela radiação. Ele pode não apresentar conhecimentos prévios relacionados à estrutura sub atômica da matéria e a relação desta estrutura com a radiação e a sua interação com a estrutura sub atômica (elétrons) das moléculas orgânicas. No invariante 3, há um indicativo de compreensão sobre os efeitos biológicos da radiação no DNA da célula provocando alterações nesta estrutura e o câncer. Mas novamente não evidencia uma aprendizagem significativa, pois não são explicitados conhecimentos relacionados à estrutura sub atômica das moléculas que compõem o DNA e a relação de sua interação com a radiação ionizante, conhecimentos estes problematizados na situação-problema 3.

## CONCLUSÕES

O trabalho indicou que o desenvolvimento das aprendizagens significativas, isto é, aquelas que estão relacionadas às estruturas conceituais das situações-problema propostas pelo professor, dependem e podem ser direcionadas pela estrutura conceitual destas situações (VERGNAUD, 1998; MOREIRA, 2002). Na análise dos resultados obtidos, há um indicativo de uma interdependência “situação-problema/invariante” e “invariante/situação-problema”. O conhecimento do professor sobre os conceitos prévios e aqueles que ele vai ensinar podem direcionar determinadas aprendizagens. Esta afirmação evidenciou-se a partir da análise dos invariantes produzidos na resolução da situação-problema 1,

onde percebeu-se uma necessidade de modificar esta situação para problematizar a origem e evolução da matéria, favorecendo uma produção conceitual operatória do conceito de átomo e estruturas sub atômicas. Segundo Vergnaud (2007), este tipo de invariante, pode demonstrar conhecimentos além dos conhecimentos predicativos (enunciados, explicações), mas conhecimentos que demonstrem a compreensão da aplicação deste conceito na prática, não necessariamente na prática experimental. Na análise dos invariantes produzidos na resolução da situação-problema 2, também foi evidenciada esta inter-relação, principalmente nos invariantes 1, 3, 4 e 5. Ficou evidente a necessidade de problematizar a estrutura atômica da matéria e o fenômeno da radiação. Nos invariantes produzidos para resolver a situação-problema 3, novamente identificou-se a necessidade de modificação da estrutura conceitual desta situação, principalmente relacionado ao conceito de ionização e a sua relação com a estrutura sub atômica das moléculas orgânicas que compõem a célula. Podemos também formular a hipótese de que esta dificuldade de conceituar o fenômeno da ionização e a sua relação com a célula, poderia ter sido minimizado pelas modificações conceituais das situações-problemas 1 e 2. A continuação desta pesquisa poderá esclarecer e fornecer mais detalhes sobre os eventos de aprendizagem na conceitualização deste tópico de ensino dos cursos de Licenciatura em Educação do Campo: Ciências da Natureza.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. P. (1982) *Aprendizagem Significativa: a Teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes.
- (2000) *The Acquisition and Retention of Knowledge: a Cognitive View*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- ELLIOTT, J. (1998) Recolocando a pesquisa-ação em seu lugar original e próprio. In: GERALDI, C. M.; FIORENTINI, D.; PEREIRA, E. M. (Orgs) *Cartografias do trabalho docente - professor(a)-pesquisador(a)* (p. 137-152). Campinas: Mercado das Letras.
- GROSSI, E. P. (2006) *Aprender é formular hipóteses. Ensinar é organizar provocações*. Porto Alegre: GEEMPA.
- MOREIRA, M. A. (2002) A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1), p. 7-29.
- NÓVOA, A. (1992) Formação de Professores e profissão docente. In: NÓVOA, A. (Org.). *Os professores e a sua formação* (p. 13-33). Lisboa: Dom Quixote.
- SCHON, A. (1990) D. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. (Org.). *Os professores e a sua formação* (p. 77-92). Lisboa: Dom Quixote.
- VERGNAUD, G. (1990) La théorie des champs conceptuels. *Récherches em Didactique des Mathématiques*, 10(23), p. 133 – 170.
- (1994) Multiplicative conceptual field: what and why? In: GUERSHON, H.; CONFREY, J. (Orgs.) *The Development of Multiplicative Reasoning in the Learning of Mathematics* (p. 41-59). Albany, N.Y.: State University of New York Press.
- (1996) Education: the best part of Piaget's heritage. *Swiss Journal of Psychology*, 55(2/3), p. 112-118.
- (1998) A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2), p. 167-181.
- (2003) A gênese dos Campos Conceituais. In: GROSSI, E. (Org.) *Por que ainda há quem não aprende? A teoria*. Ed. Vozes, RJ: Petrópolis.
- (2007) En qué sentido la teoría de los campos conceptuales puede ayudarnos para facilitar aprendizaje significativo? *Investigações em Ensino de Ciências*, 12, p. 285-302.

