

# **Conceitos alternativos sobre radicais livres em pós-graduandos e professores de Ensino Médio de escolas públicas**

## **Free radicals misconceptions in graduate students and public high school teachers**

**Rosiris Sindeaux de Alencar Pires de Oliveira**

Universidade de São Paulo  
rosiris\_sindeaux@usp.br

**Bayardo Baptista Torres**

Universidade de São Paulo  
bayardo@iq.usp.br

### **Resumo**

O tema *radicais livres* é muito explorado nos meios de comunicação, frequentemente enfatizando aspectos negativos que, na realidade, não representam o universo de suas ações e funções biológicas, muitas das quais benéficas e essenciais. Muitos destes materiais, destinados ao público leigo, apresentam conceitos alternativos. A proposta deste trabalho é desenvolver um instrumento para diagnóstico destes conceitos alternativos e aplicá-lo em pós-graduandos e professores da Rede Pública de Ensino do Estado de São Paulo. Esta investigação encontrou possíveis conceitos alternativos nos dois grupos, e constitui ponto de partida para novos estudos.

**Palavras chave:** conceitos alternativos, ensino de bioquímica, radicais livres.

### **Abstract**

Free radicals is a much explored subject in media, frequently emphasizing their negative aspects that, in fact, do not represent free radicals all biological actions and functions, most of them good and essential. Many of these materials, targeted to lay public, present misconceptions. The proposal of this work is to develop an instrument for diagnosing these misconceptions and use it with graduate students and public school teachers. We found possible misconceptions in both groups and consider this survey as a starting point for new studies.

**Key words:** misconceptions, biochemical education, free radicals.

### **Introdução**

Segundo David Ausubel, formulador da Teoria da Aprendizagem Significativa, “O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine

isso e o ensino de acordo” (AUSUBEL et al., 1978, p. iv). Esta frase enfatiza a necessidade de conhecer o aprendiz, o contexto no qual está inserido, seu conhecimento prévio e seus conceitos (incluindo os equivocados) a respeito do mundo, dos fenômenos naturais, das explicações científicas e das informações que chegam até ele.

A partir dos estudos de Ausubel sobre aprendizagem significativa e da importância dada por ele aos conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida para o processo instrucional, iniciaram-se investigações sobre as ideias prévias dos alunos (CAMPANARIO; OTERO, 2000). Ao longo das décadas que se seguiram, os conceitos prévios receberam muitas denominações diferentes, adotadas pela Psicologia e a Pedagogia: representações, concepções, concepções errôneas, pré-concepções, erros conceituais, teorias espontâneas, ciência intuitiva, marcos alternativos, concepções espontâneas, ideias prévias, erros conceituais, ideias alternativas; e seus correspondentes em inglês *misconceptions*, *misunderstandings* e *alternative conceptions*. Entretanto, a expressão mais comumente empregada para designá-los é *conceitos alternativos*, que será usada neste trabalho.

### **Conceitos alternativos**

A investigação de conceitos alternativos teve como marco inicial as observações realizadas por Viennot, em 1979, sobre as ideias espontâneas dos alunos em Dinâmica (ALÍS 2005; CAMPANARIO; OTERO, 2000), sendo seguidas por período de extensa investigação na área da Mecânica (ALÍS, 2005; WENNING, 2008). As décadas de 1980 e 1990 foram muito férteis quanto à produção sobre conceitos alternativos, notadamente no campo da Física e, desde então, outras áreas vêm sendo investigadas como a Biologia, a Química, a Bioquímica e a Fisiologia.

*Conceitos alternativos* são conceitos com significados e interpretações particulares para os estudantes e em desacordo com os conhecimentos científicos estabelecidos (YAKMACI-GUZEL, 2013). E que incorporados ao universo cognitivo do estudante, interferem na aprendizagem de novos conteúdos. São, por isso, objeto de investigação de pesquisadores de áreas distintas, mobilizados pelo interesse em identificá-los e compreendê-los, pois a partir deste conhecimento é possível elaborar estratégias de intervenção para erradicar ou, ao menos, amenizar a utilização e as consequências de tais conceitos.

### **Radicais Livres**

Radicais livres são espécies químicas (moléculas ou íons) que apresentam um ou mais elétrons desemparelhados, ou seja, que ocupam sozinhos um orbital atômico ou molecular, característica esta que confere alta reatividade à maioria destas espécies (REDOXOMA, 2004). Estas espécies químicas podem ser geradas por fatores externos, como radiações de alta energia, raios X e raios gama, e estão associadas ao envelhecimento celular, danos ao DNA e a doenças como arteriosclerose, câncer e hipertensão, entre outras (AUGUSTO, 2006, p. 35-37). Mas são também de ocorrência natural, sendo produzidas em processos celulares oxidativos normais como a cadeia de transporte de elétrons e outras reações do metabolismo. No âmbito deste trabalho, o termo “*radicais livres*” é usado para designar espécies reativas de oxigênio e nitrogênio envolvidas em processos biológicos normais ou patológicos.

### **Conceitos alternativos sobre radicais livres**

O tema dos radicais livres é bastante explorado nas mídias impressa, televisiva e digital. A *internet* oferece grande quantidade de material, a maioria destinada ao público leigo ou divulgada por autores anônimos e/ou não vinculados a instituições acadêmicas ou reconhecidamente credenciadas como autoridades na área. Tais materiais devem resultar da

transposição didática inadequada (CHEVALLARD, 2009) de materiais técnicos, produzidos *por* especialistas e *para* especialistas, estando sujeitos à formação e disseminação de conceitos alternativos. As publicações academicamente credenciadas sobre conceitos alternativos, entretanto, são mais escassas. Em levantamento bibliográfico realizado nas bases de dados ERIC, SciELO, HighWire Stanford University, Scopus e Web of Science entre março e abril de 2014, não foi encontrada nenhuma publicação tratando de investigação de conceitos alternativos sobre radicais livres. Esta lacuna torna relevante a presente investigação diante da vasta quantidade de material destinado ao público leigo, constituindo possível fonte de desinformação e, muitas vezes, foco de propaganda enganosa, induzindo ao consumo de produtos contendo antioxidantes.

Este trabalho é parte do projeto de pesquisa intitulado “*Conceitos alternativos sobre radicais livres: origens, prevalência e intervenção*”, cujo desenvolvimento está associado à Seção de Educação do Projeto CEPID REDOXOMA.

## **Objetivos**

Investigar a prevalência de conceitos alternativos sobre radicais livres em um pequeno grupo de pós-graduandos (PG) e de professores de Química e de Biologia da Rede Pública de Ensino do Estado de São Paulo (PF).

## **Procedimentos**

### **Instrumento diagnóstico**

Para o diagnóstico dos conceitos alternativos foi desenvolvido um questionário, denominado Questionário de Radicais Livres (QRL), inspirado em questionários validados de múltipla escolha de duas ou mais etapas, comumente utilizados para o diagnóstico de conceitos alternativos em diversas áreas do conhecimento (TREAGUST, 1988; TAN et al, 2002; CALEON, SUBRAMANIAN, 2010; ARSLAN et al, 2012). O formato da versão piloto do QRL, aplicada aos PG, foi o de três etapas modificado (ARSLAN et al, 2012) e para a versão final, aplicada aos PF, o formato de duas etapas modificado (TREAGUST, 1988; TAN et al, 2002). Ambos são caracterizados por etapa de nível de confiança, na qual ao responder um item, o indivíduo deve indicar sua percepção quanto ao nível de certeza para a resposta assinalada. As principais etapas no desenvolvimento do QRL foram: (1) levantamento bibliográfico para definição do formato do instrumento; (2) levantamento de dados informais sobre radicais livres veiculados na *internet* para definição do conteúdo; (3) confecção da versão piloto; (4) revisão por especialista na área de Ensino de Bioquímica e por especialista na área de Radicais Livres; (5) aplicação da versão piloto aos PG; (6) tabulação e análise dos dados; (7) confecção da versão final. O conteúdo do QRL, ambas as versões, é formado por reatividade e instabilidade de radicais livres, e temas associados a radicais livres como atividade física, envelhecimento, antioxidantes e relação radicais livres – saúde – doença.

### **Conceitos alternativos sobre radicais livres entre pós-graduandos**

O levantamento dos conceitos alternativos entre PG foi realizado no primeiro dia da Disciplina de Pós-graduação *Planejamento e Aplicação de Sequências Didáticas Envolvendo o Conteúdo Radicais Livres*, Instituto de Química da Universidade São Paulo, 2º semestre de 2014, oferecida pelo Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências, segundo um modelo já consagrado no nosso grupo de pesquisa (MACEDO et al, 1999). O

estudo contou com 14 dos 15 PG matriculados e utilizou a versão piloto do QRL.

## Conceitos alternativos sobre radicais livres entre professores da Rede Pública

Este levantamento foi realizado com 31 PF, matriculados no Curso de Extensão *Radicaís Livres e Suas Interfaces com a Vida*<sup>1</sup>, desenvolvido pelos PG durante a disciplina de pós-graduação supracitada. O curso aconteceu em janeiro de 2015 ao longo de 5 dias e com duração de 30 horas. Ofereceu diversos tópicos sobre o tema como formação e decomposição da camada de ozônio, radiação ultravioleta, câncer de pele, metabolismo e formação de radicais livres nas mitocôndrias, formação de polímeros, entre outros. O QRL, versão final, foi aplicado no primeiro dia deste curso.

Os PG e os PF participantes deste projeto foram voluntários e não se identificaram durante a resolução do QRL.

## Resultados e Discussão

### Questionário de Radicais Livres

A versão piloto se divide em quatro partes. A Parte 1 é composta por uma série de perguntas para caracterização da formação acadêmica dos PG. A Parte 2 possui 13 itens de três etapas em que a primeira etapa é uma afirmação do tipo Verdadeiro/Falso, a segunda, apresenta possíveis justificativas para a primeira etapa no formato de múltipla-escolha e a terceira, indaga o nível de certeza (Figura 1). A Parte 3 contém dois itens semelhantes à Parte 2, mas com perguntas dissertativas. E a Parte 4, dois itens caracterizados por perguntas sobre o questionário e sobre os conhecimentos a respeito de radicais livres. Neste trabalho são discutidos alguns itens da Parte 2 que apresentam conceitos em comum à versão final.

Radicais livres são espécies químicas extremamente instáveis e altamente reativas. ( ) Verdadeiro ( ) Falso*
Justificativa:
a) Existem radicais livres estáveis, mas são sempre, por definição, altamente reativos.
b) Radicais livres são espécies químicas com tempos de meia-vida muitos curtos e altamente reativos, chegando a danificar proteínas, lipídios e até moléculas de DNA.
c) Os radicais livres, em geral, possuem tempos de meia-vida muito curtos e são muito reativos, mas existem radicais livres pouco reativos e/ou com tempos de meia-vida mais longos.*
d) Devido a serem extremamente instáveis e altamente reativos, os radicais livres não podem ser dosados.
e) .....
Meu nível de certeza para estas respostas:
a) Tenho certeza. b) Não tenho certeza. c) Eu "chutei" as respostas.

Figura 1: Exemplo de item da Parte 2 da versão piloto do QRL (\*resposta correta).

A versão final contém 23 itens de duas etapas (Figura 2). A primeira etapa é constituída por afirmação do tipo Verdadeiro/Falso e a segunda, por nível de certeza com escala do tipo Likert de 6 pontos (HASAN et al, 1999). Esta versão foi construída a partir do resultado da versão piloto, associado a contribuições dos PG sobre o questionário.

Item	Resposta	Nível de certeza (%)
Radicaís livres são espécies químicas extremamente instáveis e altamente reativas.	( ) V (x) F	0 20 40 60 80 100  ++++ ++++ ++++ ++++

Figura 2: Exemplo de item da versão final do QRL (x = resposta correta).

<sup>1</sup> Material instrucional disponível na Biblioteca Digital de Ciências (TORRES, 2015):  
<http://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/visualizarMaterial.php?idMaterial=1545>.

Para a comparação do desempenho dos PG e dos PF, exposta neste trabalho, são apresentados alguns itens similares nas duas versões, omitindo-se a etapa de justificativa (2ª etapa), presente na versão piloto.

### Conceitos alternativos sobre radicais livres em pós-graduandos e professores

O grupo de PG era formado por 3 licenciados em Biologia e 11 em Química, dos quais 11 estão no mestrado e 3 no doutorado, todos na área de Pesquisa em Ensino. O grupo de PF, composto por 17 licenciados em Biologia, 13 em Química e 1 Farmacêutico. De modo geral, os PG foram capazes de selecionar a resposta correta para a afirmação (1ª etapa), tiveram dificuldade em selecionar a justificativa apropriada (2ª etapa) e baixos níveis de certeza (3ª etapa). Os PF, por sua vez, apresentaram alta frequência de respostas incorretas (1ª etapa) e níveis de certeza distribuídos na escala e variando entre os itens (2ª etapa). A análise do resultado de alguns itens comuns às versões piloto e final do QRL está apresentada a seguir.

#### A) Radicais livres são espécies químicas extremamente instáveis e altamente reativas

Frequência	Pós-graduandos			Professores		
	V	F	NR	V	F	NR
Absoluta	11	<b>3</b>	0	28	<b>3</b>	0
Percentual	78,6	<b>21,4</b>	0,0	90,3	<b>9,7</b>	0,0

Tabela 1: Desempenho dos PG e dos PF para o item A. Resposta correta em negrito. V = Verdadeiro; F = Falso; NR = Não respondeu.

FQ	Pós-graduandos				Professores														
	TC	NTC	ECR	NR	0-35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	NR
AB	3	11	0	0	0	1	0	4	0	4	0	1	0	8	0	2	0	5	6
%	21,4	78,6	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	12,9	0,0	12,9	0,0	3,2	0,0	25,8	0,0	6,5	0,0	16,1	19,4

Tabela 2: Nível de Certeza dos PG e dos PF para o item A. FQ = Frequência; AB = Frequência absoluta; % = Frequência percentual; NR = Não respondeu. Para os PG, o nível de certeza tem as categorias TC (Tenho certeza), NTC (Não tenho certeza) e ECR (Eu “chutei” as respostas). Para os PF, uma escala de 0 a 100%.

A Tabela 1 mostra que para o item A houve alto percentual de respostas incorretas tanto para os PG (78,6%) como para os PF (90,3%); baixo nível de certeza (Tabela 2) para os PG (NTC = 78,6%) e mais alto para os PF, mais concentrados nas categorias acima de 50%. O conceito presente neste item é bastante comum e é utilizado como “jargão” em muitos materiais não acadêmicos sobre o tema. Como o tema *radicais livres* é pouco ou nada tratado ao longo da formação escolar e/ou acadêmica, acredita-se que este conceito alternativo, bem como outros, seja proveniente principalmente destes materiais destinados ao público leigo. Acredita-se, também, que o nível de certeza mais baixo apresentado pelos PG, neste e em outros itens, deve-se à falta de contato acadêmico com o assunto e à autopercepção deste fato (metacognição), ao passo que os percentuais mais altos para os PF podem decorrer de falta de calibração entre a confiança e a precisão de suas respostas (PALLIER et al, 2002).

#### B) Os radicais livres causam envelhecimento (versão final) / Os radicais livres podem causar lesões em moléculas de DNA, proteínas e lipídios, levando ao envelhecimento precoce (versão piloto)

O Item B apresentou desempenho semelhante ao item A, com alto percentual de respostas incorretas (Tabela 3) para os PG (100%) e para os PF (90,3%); baixo nível de certeza (Tabela

4) para os PG (NTC = 78,6%) e mais alto para os PF (maior concentração nas categoriais acima de 50%). O conceito exposto neste item também constitui um conceito alternativo bastante comum sobre radicais livres em materiais não acadêmicos.

Frequência	Pós-graduandos			Professores		
	V	F	NR	V	F	NR
Absoluta	14	<b>0</b>	0	28	<b>2</b>	1
Percentual	100,0	<b>0,0</b>	0,0	90,3	<b>6,5</b>	3,2

Tabela 3: Desempenho dos PG e dos PF para o item B. Resposta correta em negrito. V = Verdadeiro; F = Falso; NR = Não respondeu.

FQ	Pós-graduandos				Professores																
	TC	NTC	ECR	NR	0-15	20	25-35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	NR
AB	3	11	0	0	0	1	0	1	0	3	0	4	0	3	0	3	1	0	0	9	6
%	21,4	78,6	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	3,2	0,0	9,7	0,0	12,9	0,0	9,7	0,0	9,7	3,2	0,0	0,0	29,0	19,4

Tabela 4: Nível de Certeza dos PG e dos PF para o item B. FQ = Frequência; AB = Frequência absoluta; % = Frequência percentual; NR = Não respondeu. Para os PG, o nível de certeza tem as categorias TC (Tenho certeza), NTC (Não tenho certeza) e ECR (Eu “chutei” as respostas). Para os PF, uma escala de 0 a 100%.

**C) Os suplementos de antioxidantes, como as vitaminas C e E, diminuem a formação de radicais livres (versão final) / A ingestão de suplementos contendo antioxidantes (suplementos vitamínicos) é uma boa estratégia para combater os radicais livres (versão piloto)**

Frequência	Pós-graduandos			Professores		
	V	F	NR	V	F	NR
Absoluta	11	<b>3</b>	0	28	<b>2</b>	1
Percentual	78,6	<b>21,4</b>	0,0	90,3	<b>6,5</b>	3,2

Tabela 5: Desempenho dos PG e dos PF para o item C. Resposta correta em negrito. V = Verdadeiro; F = Falso; NR = Não respondeu.

FQ	Pós-graduandos				Professores															
	TC	NTC	ECR	NR	0-15	20	25-35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90-95	100	NR
FA	4	8	1	1	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0	3,0	0,0	4,0	0,0	3,0	0,0	3,0	1,0	0,0	9,0	6,0
%	28,6	57,1	7,1	7,1	0,0	3,2	0,0	3,2	0,0	9,7	0,0	12,9	0,0	9,7	0,0	9,7	3,2	0,0	29,0	19,4

Tabela 6: Nível de Certeza dos PG e dos PF para o item C. FQ = Frequência; AB = Frequência absoluta; % = Frequência percentual; NR = Não respondeu. Para os PG, o nível de certeza tem as categorias TC (Tenho certeza), NTC (Não tenho certeza) e ECR (Eu “chutei” as respostas). Para os PF, uma escala de 0 a 100%.

A Tabela 5 mostra que também para o item C, houve alto percentual de respostas incorretas para os PG (78,6%) e para os PF (90,3%). O nível de certeza (Tabela 6) foi mais baixo para os PG (57,1% para NTC) em relação aos PF (categoriais acima de 50%). Comparado aos itens A e B, o nível de certeza dos PG para o item C foi um pouco mais alto (28,6% para TC).

## Conclusão

As diferentes versões de testes em etapas a serem aplicados em estudos de natureza semelhante a este visam à identificação de conceitos que possam ser classificados como alternativos e sua separação de conceitos meramente errados. Esta distinção não é trivial porque não se trata de separação dicotômica, mas de um gradiente com os polos *correto* e *incorreto*, entre os quais se situam os conceitos alternativos. O instrumento desenvolvido para o diagnóstico dos conceitos alternativos (QRL) apresenta algumas limitações quanto à capacidade de diagnosticar conceitos alternativos, embora tenha sido minuciosamente revisado e remodelado. Estas limitações se referem: (i) à possível interpretação dos indivíduos em cada item diferente da pretendida (por exemplo, considerar *alguns* quando o item se refere a *todos* os radicais livres); (ii) dificuldade em construir itens inequivocamente corretos, sem utilizar advérbios como *nunca*, *sempre*, *todos* e *alguns*, que poderiam induzir à escolha da resposta correta; e (iii) à extensão do questionário, pois os indivíduos se comprometem menos na resolução de questionários longos, enquanto a diminuição do instrumento necessariamente implica em perda de informações relevantes sobre o objeto de estudo.

A aplicação do QRL aos PG e aos PF mostrou a existência de conceitos alternativos em ambos os grupos e, apesar das limitações apontadas, propicia pontos de partida para estudos futuros, pertinentes por se tratar de tema relevante na área de Saúde. A indisponibilidade de literatura científica investigando conceitos alternativos sobre radicais livres inviabiliza a discussão dos presentes resultados frente a outros trabalhos. Os formatos adotados para as versões piloto e final do QRL, embora inspirados em questionários da literatura, apresentam estruturas diferentes e adaptadas daquelas encontradas; e ainda, conteúdo inédito, constituindo novo campo de investigação de conceitos alternativos.

## Agradecimentos e apoios

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

## Referências Bibliográficas

- ALÍS, J. C. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 2, n. 2, 2005, p. 183-208.
- ARSLAN, H.O.; CIGDEMOGLU, C.; MOSELEY, C. A Three-Tier Diagnostic Test to Assess Pre-Service Teachers' Misconceptions about Global Warming, Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion, and Acid Rain. **International Journal of Science Education**, v. 34, n. 11, Jul. 2012, p. 1667-1686.
- AUGUSTO, O. **Radicais livres: bons, maus e naturais**. São Paulo: Oficina de Textos; 2006. p. 33, 35-37, 50-51.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2 ed. New York: Holt Rinehart and Winston; 1978. p. iv.
- CALEON, I. S.; SUBRAMANIAM, R. Do Students Know What They Know and What They Don't Know? Using a Four-Tier Diagnostic Test to Assess the Nature of Students' Alternative Conceptions. **Res Sci Educ**, v. 40, n. 3, May 2010, p.313-337.
- CAMPANARIO, J. M.; OTERO, J. C. Más allá de las de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias

- metacognitivas de los alumnos de ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, v. 18, n. 2, 2000, p. 155-169.
- CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**. Gilman C, traductor. 3 ed. Buenos Aires: Aique Grupo Editor; 2009. 200 p.
- ERIC – Education Resources Information Center. Disponível em: <<http://eric.ed.gov/>>. Acesso em: 03 mar. 2014.
- HASAN, S.; BAGAYOKO, D.; KELLEY, E. L. Misconceptions and the Certainty of Response Index (CRI). **Phys. Educ**, v. 34, n. 5, Sep. 1999, p. 294-299.
- HIGH WIRE STANFORD UNIVERSITY. Disponível em: <<http://highwire.stanford.edu/>>. Acesso em 05 abr. 2014.
- MACEDO, D. V.; DE-PAULA, E.; TORRES, B. B. Training graduate students to be teachers. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 32, n. 12, 1999, p. 1457-1465.
- PALLIER, G et al. The Role of Individual Differences in the Accuracy of Confidence Judgments. **The Journal of General Psychology**, v. 129, n. 3, 2002, p. 257-299.
- REDOXOMA. Perguntas Frequentes. Disponível em: <<http://www2.iq.usp.br/redoxoma/>>. Acesso em 04 abr. 2014.
- SCIELO. Disponível em: <<http://www.scielo.org/php/index.php>>. Acesso em: em 5 abr. 2014.
- SCOPUS. Disponível em: <<http://www.scopus.com/>>. Acesso em: 07 abr.2014.
- TAN, K. C. D. et al. Development and Application of a Two-Tier Multiple Choice Diagnostic Instrument to Assess High School Students' Understanding of Inorganic Chemistry Qualitative Analysis. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 4, 2002, p.283-301.
- TORRES, B. B. **Radicais Livres e Suas Interfaces Com a Vida**. Biblioteca Digital de Ciências, 2015. Disponível em: <<http://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/visualizarMaterial.php?idMaterial=1545>>. Acesso em: 13 mar. 2015.
- TREAGUST, D. F. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. **International Journal of Science Education**, v. 10, n. 2, Apr. 1988, p. 159-169.
- WEB OF SCIENCE. Disponível em: <<http://wokinfo.com/>>. Acesso em 07 abr. 2014.
- WENNING, C. J. Dealing more effectively with alternative conceptions in science. **J. Phys. Tchr. Educ. Online**. v. 5, n. 1, 2008 Summer, p. 11-19.
- YAKMACI-GUZEL, B. Preservice Chemistry Teachers in Action: An Evaluation of Attempts for Changing High School Students' Chemistry Misconceptions into More Scientific Conceptions. **Chemistry Education Research and Practice**. v. 14, n. 1, 2013, p. 95-104.