

# Representações Mentais de Concepções Espontâneas dos Estudantes após Utilização de Softwares

Luís Paulo Basgalupe Moreira, Instituto Federal Sul-rio-grandense – Campus Pelotas  
lp-rs@pelotas.ifsul.edu.br  
Agostinho Serrano, ULBRA,  
asandraden@gmail.com

## RESUMO

No presente artigo analisamos as concepções alternativas trazidas por alunos universitários em uma disciplina de Física que aborda o conteúdo de Eletrodinâmica, em nível de Física Geral e aquelas adquiridas a partir de aulas de física utilizando simulação com auxílio de softwares. Tal análise procedeu-se à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. É possível observar pelas entrevistas realizadas com alunos as concepções alternativas e a forma que tentam expressá-las com gestos que buscam ter alguma representação simbólica. Verificamos que algumas representações são claras no que pretendem representar. Argumentamos que a partir do conhecimento destas representações é possível trabalhar novas situações para que se consiga uma aprendizagem significativa.

**PALAVRAS CHAVE:** Ensino de Física, gestos descritivos, circuitos elétricos, concepções alternativas, imagens mentais.

## Mental representations of Student's Spontaneous Conceptions after using Softwares

## ABSTRACT

In this article we analyze the alternative conceptions brought about by college students in a Physics class that deals with the content of Electrodynamics, at the level of General Physics and those acquired from physics classes using simulation with the aid of softwares. Such analysis happened in the light of the theory of conceptual fields of Vergnaud. It is possible to observe through the interviews performed with the students the alternative conceptions and the way they try to express them with gestures that seek to have some symbolic representation. We found that some representations are clear in what purport to represent. We argue that from the knowledge of these representations it is possible to work out new situations in order to achieve meaningful learning.

**KEY WORDS:** Physics teaching, descriptive gestures, electrical circuits, alternative conceptions, mental images.

## INTRODUÇÃO

Trabalhando a muitos anos como professor de Física no Ensino Médio e no Superior e, em especial, com o conteúdo de Eletromagnetismo, é possível perceber as dificuldades que os alunos encontram em entender e articular os conceitos envolvidos nesse conteúdo disciplinar. A confusão na percepção de diferenças, principalmente entre tensão e corrente elétrica, é muito grande. As concepções alternativas que os alunos possuem dificultam o aprendizado de novos conceitos. Podemos dizer também que a linguagem do dia-a-dia não colabora para a aquisição de novos conceitos científicos. Existem vários trabalhos publicados sobre levantamento de concepções alternativas existentes nos estudantes. (EVANS, 1978) descreve um método essencialmente experimental com materiais simples para abordar confusões bastante comuns que os estudantes fazem com tensão elétrica e corrente elétrica. (OSBORNE e GILBERT, 1980) propõem e ilustram um método de entrevista sobre instâncias envolvendo os conceitos de trabalho e corrente elétrica. Muitos dos termos utilizados para conceituar os elementos envolvidos nos fenômenos elétricos são conhecidos pelos alunos e utilizados na linguagem livre do senso comum, associados às suas concepções sobre átomo e corrente elétrica, construídas na vivência do cotidiano (PACCA *et al.*, 2003) Os professores, de modo geral, declaram que os estudantes expressam dificuldades na aprendizagem dos fenômenos, leis e conceitos. Para minimizá-las é possível desenvolver métodos que auxiliem na aprendizagem dos alunos. Apesar das adversidades envolvidas e estudos realizados sobre o assunto, consideramos reduzidas as discussões que possam nos levar ao encontro das reais dificuldades de aprendizagem. Procuramos mostrar neste trabalho de que forma os alunos se expressam acerca dos principais conceitos envolvidos nos circuitos elétricos. Segundo (SERRANO e ENGEL, 2012), o papel da simulação é o de fornecer representações (signos) que fortalecem e enriquecem o discurso não-verbal, potencializando o aprendizado conceitual que se torna evidente no discurso verbal. Fazemos uma análise das concepções alternativas sobre circuitos elétricos trazidas pelos alunos ao longo de seu estudo, principalmente após o seu aprendizado no Ensino Médio e, através de entrevistas, buscamos saber quais representações mentais são utilizadas quando usam suas concepções na resolução de problemas, tanto antes como após o uso de dois software de circuitos elétricos.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Neste estudo foi utilizada a teoria dos campos conceituais de (VERGNAUD, 1990) como forma de facilitar a aprendizagem significativa. Para ele, o conhecimento está organizado em campos conceituais. O sujeito domina esses campos ao longo de muito tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. Para o autor, campo conceitual é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento conectados uns aos outros e que, provavelmente, estão relacionados com as representações simbólicas através do conjunto de invariantes operatórios. A teoria dos campos conceituais considera a conceitualização o âmago do desenvolvimento cognitivo (MOREIRA, 2002). Os conceitos de campo conceitual, de conceito, de situações, de esquema (herança piagetiana) e de invariante operatório (teorema-em-ação ou conceito-em-ação) são a espinha dorsal de sua teoria. Vergnaud define os conceitos a partir de três conjuntos:

- i) um conjunto de situações (S) que constituem o referente do conceito;

ii) um conjunto de invariantes operatórios (I) teoremas-em-ação e conceitos-em-ação que lhe dão o significado;

iii) um conjunto de representações simbólicas que compõem seu significante (R). Assim, conceito só pode ser definido a partir de situações que estão relacionadas com as representações simbólicas através do conjunto de invariantes operatórios. Teoremas-em-ação são proposições que o sujeito acredita serem verdadeiras sobre a realidade. Conceitos-em-ação são propriedades, categorias e atributos que o sujeito acredita serem pertinentes a uma dada situação.

Na definição de campo conceitual aparece o conceito de situação. É a partir do confronto com essas situações e do domínio que progressivamente alcança sobre elas que o sujeito molda os campos conceituais que constituem seu conhecimento. O campo conceitual estudado precisa ter significado real para o aluno.

Segundo (MOREIRA, 2002), aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não-arbitrária e substantiva (não-literal) com a estrutura cognitiva do aprendiz. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito. Para (AUSUBEL, 1963), a aprendizagem significativa é o mecanismo humano. Ela caracteriza-se pela interação entre o conhecimento novo e o prévio. Nesse processo, que é não-literal e não-arbitrário, o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade (MOREIRA e MASINI, 1982; MOREIRA, 1999, 2000).

Sabemos igualmente que a aprendizagem significativa é progressiva, quer dizer, os significados vão sendo captados e internalizados progressivamente e nesse processo a linguagem e a interação pessoal são muito importantes (MOREIRA, CABALLERO e RODRÍGUES PALMERO, 2004).

Com o conhecimento dos principais conceitos das teorias dos Campos Conceituais de Vergnaud e da Aprendizagem Significativa de Ausubel temos suporte teórico para nossa pesquisa. É possível analisar epistemologicamente nossa prática quanto à importância do conhecimento prévio do aluno e à importância da resolução de situações-problema.

## **Definição do Problema e Método de Pesquisa**

Para melhorar o ensino da física os professores devem entender melhor como os seus alunos aprendem. Infelizmente, pouco se sabe sobre como os alunos aprendem os conceitos fundamentais de circuitos elétricos básicos. Para investigar as concepções dos alunos e equívocos sobre conceitos em circuitos elétricos realizamos um estudo qualitativo baseado em entrevistas, nas quais os alunos verbalizam seu pensamento enquanto eles resolveram problemas envolvendo circuitos elétricos simples. Estamos chamando de circuitos elétricos simples aqueles constituídos de uma fonte de tensão e elementos resistivos. Em um primeiro momento estamos interessados em verificar como o aluno observa o comportamento em um circuito elétrico das grandezas físicas diferença de potencial elétrico, resistência elétrica e intensidade da corrente elétrica.

Em seguida queremos verificar de que forma o aluno passa a visualizar um circuito elétrico após aulas envolvendo os conceitos físicos de um circuito desse tipo e a utilização de softwares de simulação. Foram selecionados dois softwares para tal. O primeiro foi o Modellus, que permite trabalhar com modelos matemáticos em Matemática, Física e Química, não só para serem feitos cálculos ou esboçar gráficos, mas também para, a partir desses modelos, poder fazer simulações de situações previstas pelos mesmos

(TEODORO, 2008). As limitações inerentes a cada modelo podem ser discutidas e o software, por si só, não cria um fenômeno físico. Por isso, podem ser consideradas simulações de certas situações reais. O programa Modellus apresenta ainda a versatilidade de trabalhar com o próprio modelo matemático do tópico em questão, mostrando ser uma ferramenta interessante no auxílio da ilustração de fenômenos físicos e na introdução dos tópicos matemáticos necessários para descrevê-los. Foi desenvolvido por alguns estudantes da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa, e pode ser obtido gratuitamente através da Internet (TEODORO, 2008). O software foi utilizado apenas com a finalidade de proporcionar aos alunos o manuseio das grandezas físicas resistência elétrica, diferença de potencial e corrente elétrica. Os circuitos propostos dão apenas a possibilidade de interagir com a variação das grandezas.

A segunda forma proposta para estudar os conteúdos relacionados a circuitos elétricos foi a utilização do PhET - Simulações Interativas de Ciência. O Projeto PhET (Physics Educational Technology) foi iniciado por Carl Wieman, prêmio Nobel em Física de 2001 por conseguir a condensação de Bose-Einstein. Wieman usava um applet de Martin Goldman (do site physics2000, um projeto anterior e muito famoso da mesma universidade). Ficou impressionado com o fato de que geralmente, em suas palestras, a única coisa que o público se lembrava era a simulação. Sendo Nobel, ficou um pouco mais fácil conseguir financiamento (do NSF, das fundações Kavli e Hewlett e também do dinheiro do seu prêmio) e Wieman resolveu investigar e produzir sistematicamente o uso de simulações interativas para ensinar Física. As simulações do PhET são escritas, sobretudo, em Java e distribuídas usando a tecnologia 'Web Start'. Nessa situação os estudantes podem trabalhar livremente os circuitos. A montagem é livre e existem também instrumentos de medida que possibilitam que sejam utilizados como em circuitos reais. Consideramos esse software, embora haja outros, muito próximo da realidade. A escolha se deu em muito pelo fato do software ser gratuito assim como o Modellus. Utilizando-se softwares gratuitos espera-se alcançar um número muito maior de estudantes que se interessem em estudar circuitos elétricos.

As concepções alternativas sobre circuitos elétricos normalmente geram conflito com o conhecimento científico, dificultam a aprendizagem da ciência e a alfabetização científica e ainda fornecem uma base para crenças infundadas. Os estudantes chegam às aulas de Física com diferentes interpretações para um mesmo fenômeno que podem influenciar a aquisição de conceitos científicos. A premissa básica da teoria de aprendizagem construtivista é que essas ideias trazidas devem ser levadas em conta na construção de experiências de aprendizagem dos alunos nas aulas de Física. Uma série de estratégias de mudança conceitual tem sido estudada de forma a alterar as concepções não-científicas (também chamadas de concepções alternativas) para as cientificamente aceitas. Do ponto de vista teórico, é evidente que as concepções sobre corrente elétrica são relevantes para o desempenho dos alunos. Elas particularmente podem trazer uma grande informação de como o aluno estrutura o seu raciocínio, se pudermos identificar suas representações mentais e conseguir com isto uma aprendizagem significativa.

O objetivo deste artigo é analisar a produção de gestos descritivos e o vínculo deles com as concepções alternativas no conteúdo de circuitos elétricos a partir dos conhecimentos trazidos pelos alunos do estudo anterior na disciplina de Física, bem como os gestos gerados após aulas do conteúdo envolvendo as simulações com softwares, como compreendido pela teoria de Campos conceituais de G. Vergnaud acima descrita. A atividade foi aplicada na turma que ingressou no primeiro semestre de 2013, do curso superior tecnólogo em sistemas de internet do Instituto Federal Sul-rio-grandense do Campus Pelotas, na disciplina intitulada Física e Eletricidade. Tendo em vista a natureza

do curso, essa é a única disciplina de Física e faz parte do rol das disciplinas do primeiro semestre do currículo do mesmo.

A turma-objeto da pesquisa possuía quarenta e cinco alunos matriculados. Desse total participaram da amostra dezessete alunos sendo quinze do sexo masculino e dois do sexo feminino.

Os estudantes realizaram pré-testes individuais. Aplicamos o teste proposto por (SILVEIRA, MOREIRA E AXT, 1989) onde a ilustração mescla a representação de circuito com o desenho de uma lâmpada. O teste é capaz de informar se o estudante possui concepções ou alternativas sobre circuitos elétricos simples. Após esta etapa foi realizada uma entrevista individual com oito alunos selecionados aleatoriamente. Para a realização das entrevistas, filmadas logo após o pré-teste, foi utilizada a técnica 'think aloud' (SCHERR, 2008; STEPHENS e CLEMENT, 2010), a qual utiliza um método de coleta de dados em que o entrevistador e o entrevistado mantêm constante diálogo a respeito do que o entrevistado está pensando durante a execução de uma tarefa. As entrevistas foram gravadas com posterior transcrição e análise das mesmas.

Destacamos que a questão de número oito não foi computada porque não se trata de questão envolvendo circuitos simples, uma vez que as atividades ficaram concentradas somente nesse tema.

Verificamos que a quantidade de alternativas assinaladas de forma errada é maior do que a de forma correta para toda a amostra. Com isso é possível afirmar que os alunos estão trazendo do Ensino Médio ou da vida diária, tendo em vista que alguns alunos não cursaram o Ensino Médio, muitas concepções erradas do que seja um circuito elétrico. Esse fato não descarta a possibilidade de apresentarem algumas representações mentais acerca do assunto. Nosso objetivo neste trabalho, neste momento, é o de analisar tais representações, uma vez que se trata de um pré-teste. Posteriormente pretendemos levantar quais representações surgirão após aulas envolvendo o assunto.

## **Representações Mentais Destacadas durante as Entrevistas realizadas com os Alunos após o Pré-teste**

Os circuitos elétricos têm um campo conceitual bastante abstrato e sendo assim é necessário recorrer a signos para poder penetrar mentalmente no mundo dos elétrons. Para compreender o funcionamento de um circuito elétrico, o aluno precisa criar modelos mentais. Para entender tal assunto, os estudantes precisam estar familiarizados com a multiplicidade de condições, com o significado de modelos científicos, como também a diferença entre os níveis macroscópicos (fenômenos físicos), microscópicos (elétrons e cargas) e representacionais (representações simbólicas e matemáticas). Segundo (JOHNSTONE, 1991), os conteúdos podem ser representados nesses três níveis. O nível macroscópico corresponde às representações mentais adquiridas a partir da experiência sensorial direta, ou seja, é construído mediante a informação proveniente dos sentidos; já o nível microscópico refere-se às representações abstratas, a exemplo de modelos que os estudantes têm sobre a Física associados ao esquema de partículas; o outro nível chamado de simbólico expressa os conceitos que os estudantes têm a partir de fórmulas, equações, expressões matemáticas e gráficos, entre outros recursos.

As formas de expressões mais notadas estão descritas a seguir com auxílio de algumas imagens. As imagens foram retiradas da sequência do vídeo da entrevista no pré-teste de alguns alunos.

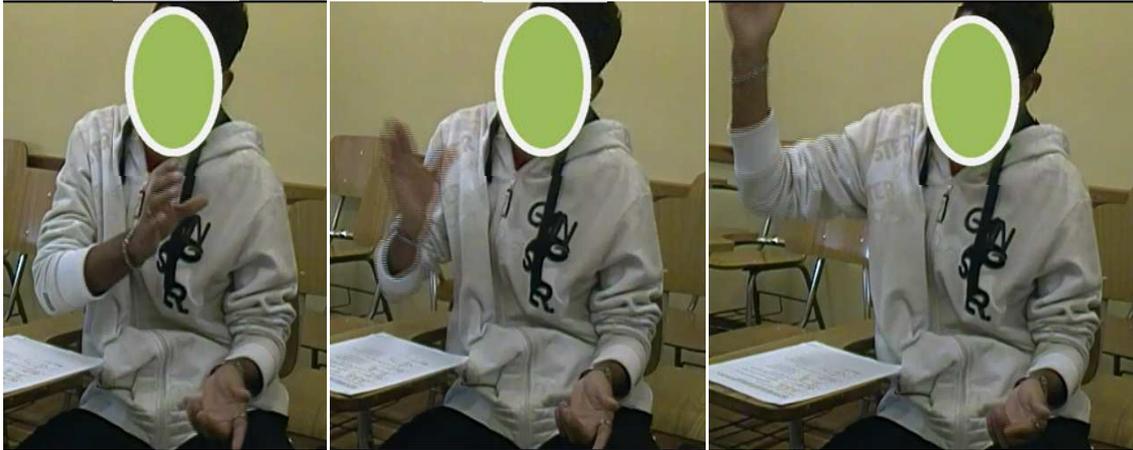


FIGURA 1: entrevistado 1

O movimento da mão representado nas imagens da figura 1 reflete para alguns o movimento de uma corrente circulando em um circuito elétrico. Para outros esse gesto reflete o fluxo de elétrons que estão em algum tipo de movimento. Ainda percebemos que isso para alguns estudantes também representa que existe uma energia circulante que possibilita o funcionamento de aparatos elétricos. Nas entrevistas é possível perceber a confusão que alguns alunos fazem ao tentar explicar a comparação entre o brilho de diferentes lâmpadas em um circuito composto apenas por uma fonte de tensão por essas lâmpadas. Procuramos demonstrar na figura abaixo o sentido que o aluno tenta representar com seus gestos. A Fig. 2 está representando o significado do gesto apresentado pelo entrevistado 1. Esse é o nível de representação microscópico para a representação mental para alguns de corrente elétrica, para cargas em movimento, para a energia que circula no circuito elétrico.



FIGURA 2: representação do movimento no vídeo



FIGURA 3: entrevistado 2

O movimento da mão mostrado na sequência da Fig. 3 procura demonstrar a resistência elétrica. O gesto feito é com a mão na vertical como se estivesse cortando algo. A maioria dos alunos não faz diferença entre o que seja uma resistência elétrica e um resistor. Durante as entrevistas temos alguma confusão acerca da utilidade de um resistor e quase todos os entrevistados não vinculam as lâmpadas a resistores. Na Fig. 4 apresentamos a tentativa dos gestos para mentalmente representar o símbolo de um resistor. Esse é o nível de representação simbólica para a representação mental de um resistor que é utilizada por vários estudantes.



FIGURA 4: representação do movimento no vídeo

A representação mental para brilho de lâmpadas é representada pelo entrevistado 3, que não vê diferença entre o circuito apresentado no pré-teste e as lâmpadas da sala de aula. O fato do circuito apresentar lâmpadas não distingue uma situação residencial, por exemplo, independentemente da forma que estiverem ligadas. Como mostrado na Fig. 5 ela aponta e olha para as lâmpadas como forma de representar o seu brilho.



FIGURA 5: entrevistado 3

O aluno da Fig. 6, entrevistado 4, representa ao fechar a sua mão direita o fato da lâmpada deixar de brilhar. Tanto na Fig. 5 como na 6 fica claro o nível de representação macroscópico para a representação mental tanto da lâmpada que aumenta o brilho como para a que diminui o brilho.



FIGURA 6: entrevistado 4

### **Representações Mentais Destacadas durante as Entrevistas realizadas com os Alunos após o Pós-teste**

A seguir destacamos o que mais chamou a atenção durante o pós-teste com relação ao comportamento adquirido e a forma de responder principalmente se comparado ao que aconteceu durante as entrevistas do pré-teste.

O aluno da Fig. 7, entrevistado 5, além de afirmar que o circuito tem uma corrente, também consegue perceber que a corrente pode ter caminhos diferentes a percorrer em um circuito. Ele mostra e afirma que a corrente pode assumir diferentes trajetórias. Isto só foi observado a partir do trabalho com a simulação. Podemos classificar seus gestos como no nível microscópico pelo fato de estar representando a corrente elétrica. Essa representação sugere o que foi visto na simulação.



FIGURA 7: entrevistado 5

O aluno da Fig. 8, entrevistado 6, faz alusão a um interruptor que permite que a corrente circule ou não pelo circuito. Tal gesto surge também com a simulação uma vez que em todos os circuitos trabalhados existe um interruptor para comandá-lo. O seu gesto descreve as posições do interruptor mostrando uma representação macroscópica, ou seja, representado o interruptor e a sua função no circuito. Ele descreve claramente o que acontece quando o interruptor está na posição fechado e o que acontece na posição aberto.



FIGURA 8: entrevistado 6

O aluno da Fig. 9 é o entrevistado 7, que utiliza o nível simbólico para descrever as lâmpadas acessas e seus respectivos brilhos representando no seus gestos que o brilho dessas lâmpadas está associado à corrente elétrica que por elas circula.



## CONCLUSÃO

Os alunos que fizeram parte da pesquisa, na sua maioria, já estudaram o conteúdo no Ensino Médio. Verificamos que as formas de representação imagística associadas a conteúdos de eletricidade não mudaram com o passar do tempo. Era de se esperar que os alunos, por já terem estudado o conteúdo, apresentassem na sua maioria um melhor resultado do que aprenderam, mas o fato é que concepções alternativas estão muito enraizadas. Estas representações estão internalizadas sob a forma de representações e invariantes operatórios associados ao conceito de corrente elétrica. É importante para nós que trabalhamos com esse conteúdo sabermos exatamente de que forma nossos alunos estão pensando para que possamos traçar atividades que sejam mais eficientes do que as tradicionais utilizadas. É possível verificar que trabalhar com circuitos elétricos apenas em quadro negro (ou branco) não é suficiente para mudarmos as concepções trazidas já que elas parecem ser muito mais fortes. É possível verificar que os níveis de representação microscópico, simbólico e macroscópico se fizeram presentes durante a resolução de problemas. A análise gestual revela que as concepções alternativas dos estudantes se apresentam associadas a essas representações. Na realidade, se soubermos quais as concepções trazidas pelos alunos e quais as suas representações mentais, saberemos

trabalhar muito mais facilmente para promover uma evolução nessas concepções fazendo com que aconteça verdadeiramente uma aprendizagem significativa de conteúdos científicos. Ficou evidente que com o auxílio da simulação houve um ganho nas representações simbólicas dos alunos. As novas representações surgiram de forma espontânea como necessidade de exporem a forma de seus pensamentos. Embora tenhamos apurado que vários alunos criaram representações mentais acerca dos circuitos elétricos percebemos também que alguns possuem concepções que permanecem erradas.

## REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D.P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York, Grune and Stratton, 1963.
- JOHNSTONE, A.H. Why Science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **J. Computer Assisted Learning**, 7, 1991.
- MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- \_\_\_\_\_. **Aprendizaje significativo: teoría y práctica**. Madrid: Visor, 2000.
- \_\_\_\_\_. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de Ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, 7 (1), 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ienci>>.
- MOREIRA, M.A. e MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de aprendizagem de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.
- OSBORNE, R.J. e GILBERT, J.K. **A method for investigating concept understanding in science**. **European Journal of Science Education**, v. 2, n. 3, p. 311-321, 1980.
- PACCA, J. L. A.; FUKUI, A.; BUENO, M.C.; COSTA, R.H.; VALÉRIO, R.M.; MANCINI, S. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 2, p. 151-167, 2003.
- SERRANO, A e ENGEL, V. **Uso de Simuladores no Ensino de Física: Um estudo da produção Gestual de Estudantes Universitários**. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 1, 2012.
- SCHERR, R. Gesture analysis for physics education researchers. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 4, n° 010101, 2008.
- SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Validação de um teste para detectar se o aluno possui a concepção newtoniana sobre força e movimento. **Ciência e Cultura**, v. 38, p. 2047-2055, 1986.
- STEPHENS, L. e CLEMENT, J. Documenting the use of expert scientific reasoning processes by high school physics students. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, 6(2), 2010. Disponível em: <<http://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.6.020122>>.
- TEODORO, Vítor M. N. D. **Mathematical modelling in science and mathematics education: rationale and examples**, Conference on Computational Physics 2008, Kaohsiung, (Congresso), 2008.
- VERGNAUD. G. La théorie des champs conceptuels. **Récherches en Didactique des Mathématiques**, 10 (23), pp. 133-170, 1990.