

Quando a cor é uma vibração em uma corda: buscando invariantes operatórios utilizados por estudantes cegos na interação com objetos físicos

When color is a vibrating string: finding operational invariants used by blind students in a interaction between physical objects

Edivaldo André Nascimento

Universidade Federal de Viçosa
edivaldo.nascimento@ufv.br

Gabriel Dias de Carvalho Junior

Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Ouro Branco
gabriel.carvalho@ifmg.edu.br

Resumo

O presente trabalho apresenta os resultados de uma entrevista clínica realizada com uma estudante adolescente cega. Utilizamos, como instrumento de mediação, uma maquete que simulava a dispersão da luz branca por meio do uso de cordas de guitarra de diferentes densidades lineares. A estudante pode interagir com a maquete durante todo o tempo, o que contribuiu para que ela construísse uma representação do fenômeno a partir das diferentes vibrações das cordas. Nosso quadro teórico para a análise foi a Teoria dos Campos Conceituais e, por meio dela, buscamos os invariantes operatórios utilizados pela estudante durante a sua interação com a maquete. Nosso principal achado foi a identificação feita pela estudante de que cada cor pode ser compreendida por uma vibração específica em uma corda de guitarra.

Palavras chave: conceitualização, campos conceituais, invariantes operatórios, estudantes cegos, cor, dispersão da luz

Abstract

This paper presents the results of a clinical interview with a blind teenage student. We used, as a mediating instrument, a model that simulates the dispersion of white light through different linear densities guitar strings. The student can interact with the model all the time, which contributed to her constructing a representation of the phenomenon from the different vibrations of the strings. Our theoretical framework for the analysis was the Conceptual Fields Theory and, through it, we looked for the operational invariants used by the student during his interaction with the model. Our main finding was the identification made by the student that each color can be modeled by a specific vibration in a guitar string.

Key words: conceptualisation, conceptual fields, operational invariants, blind students, color, color dispersion

Introdução

O presente artigo apresenta os resultados de uma entrevista clínica baseada na interação entre uma estudante cega com uma maquete de um prisma que simulava a dispersão da luz branca. Essa atividade é uma adaptação de trabalhos anteriores realizados por Camargo et al (2008) no intuito de prover uma base empírica para que sujeitos cegos possam construir suas representações acerca do fenômeno físico da dispersão luminosa.

Em trabalho recente, Bianchi, Ramos e Barbosa-Lima (2016) apresentaram uma abordagem linguística ao estudo do ensino de cores a estudantes cegos a partir de uma indagação/provocação de Carmargo (2012). As pesquisadoras concluem que o ensino dessa temática necessita de novas abordagens « que permitam uma concepção multis sensorial na construção dos significados, sejam eles sociais, sejam físicos, contribuindo tanto na formação desses indivíduos quanto na formação de professores de física inclusivistas. »

Dentre as diversas possibilidades, Silva e Martins (2003) nos apontam uma possibilidade de ensino de cores a partir de uma perspectiva histórica.

Nesse contexto, a possibilidade de utilização de experimentos que representem fenômenos físicos insere-se em uma discussão mais ampla acerca dos direitos de aprendizagem de todos, assim como nas pesquisas sobre a construção de conceitos científicos. Assim, unimos uma discussão mais geral, ligada aos processos de conceitualização, com os trabalhos que pretendem desenvolver estratégias de intervenção didática para fomentar a construção de conceitos científicos em pessoas com deficiência. Em particular, para analisar as formas de compreensão da estudante pesquisada, utilizamos a Teoria dos Campos Conceituais (Vergnaud, 2011) como referencial teórico.

Nossa atividade de pesquisa consistiu em uma entrevista clínica com uma estudante cega adolescente em uma escola estadual do interior de Minas Gerais, utilizando a citada maquete para representar a dispersão¹ da luz branca. Nossa atenção centrou-se em avaliar os conhecimentos utilizados em ação pela estudante no sentido de associar informações que já havia recebido em aulas regulares sobre óptica e a manipulação do experimento físico.

Em nossa maquete, as diversas cores eram representadas por 6 cordas de guitarra tensionadas, de diferentes densidades lineares, que vibravam com frequências distintas. Essa foi a característica utilizada pela estudante para construir a sua representação, ao associar a frequência de vibração das cordas ao conceito de cor.

Problematização

O ensino de ciências no Brasil apresenta uma característica por demais dogmática, onde as leis e os conceitos são apresentados de forma acrítica e sem a discussão sobre o processo de constituição. Nesse sentido, há uma grande ênfase em nomenclaturas e formulações

¹ A dispersão da luz ocorre quando um feixe de luz policromática sofre mudança de meio e, com isso, se separa em suas cores componentes. Utilizando um prisma é possível, a partir da luz do Sol, verificar a existência de todas as cores do arco-íris.

matemática, o que acaba por contribuir para a construção de uma ideia de que saber ciências significa memorizar uma grande quantidade de nomes, fórmulas, enunciados (Carvalho Jr, 2002).

Nesse processo, uma parte essencial na construção de conceitos científicos – a realização de atividades experimentais com a consequente discussão de resultados – é negligenciada. Assim, o conhecimento científico perde sua materialidade. Dessa forma, o aprendizado de temas ligados à formação de cores, em geral, e o da dispersão luminosa, em particular, apresenta lacunas mesmo para os estudantes videntes se o ensino se baseia em perspectiva única, por exemplo, a visual (SOLER, 1999).

Esse fato torna-se ainda mais crônico quando são analisados os processos pelos quais as pessoas com deficiência visual constroem conhecimento. Quais são suas referências empíricas utilizadas? De que maneira ocorre a estruturação do saber científico que possibilita a construção de representações? (CARMARGO, 2012).

Essas perguntas são de grande importância tanto do ponto de vista do pesquisador, ao organizar seu material de investigação que intenta avaliar as formas de significação, como para o professor, que precisa construir uma narrativa de ensino que possibilite a todos os seus estudantes um diálogo profícuo com os conceitos científicos.

Nesse sentido, nosso problema de pesquisa é colocado na fronteira entre a psicologia cognitiva e a didática e pode ser enunciado da seguinte forma: quais são os invariantes operatórios utilizados por sujeitos cegos quando da interação com objetos físicos que simulam fenômenos ópticos?

Nossa investigação desenvolvida e apresentada neste trabalho, representa uma primeira aproximação rumo à construção de respostas a esse problema.

Referencial Teórico

A inclusão das pessoas com Necessidades Educacionais Especiais (NEE) nas escolas é um passo muito importante para a cidadania, mas muitas escolas ainda não estão adequadas para receber este público, seja pelas condições dos espaços físicos ou pela falta de capacitação dos profissionais da educação. Nesse sentido, os alunos com NEE adentram o ambiente escolar sem as condições necessárias para um bom processo de ensino-aprendizagem.

Uma das dificuldades encontradas pelos professores que trabalham com alunos deficientes visuais em sala de aula é a falta de materiais didáticos adequados. São poucos os recursos didáticos existentes e, dentre aqueles existentes, uma parcela ainda é precária no que tange à sua eficácia como mediador entre o sujeito e os fenômenos físicos. Isso faz com que o processo de ensino-aprendizagem seja limitado e, conseqüentemente, não atinja toda a sua potencialidade.

Esta dificuldade aumenta ainda mais no que diz respeito a área das ciências. Como exemplo, citamos o trabalho didático com o conceito da luz para pessoas que não enxergam. Nesse contexto, Veraszto e Camargo (2015, p. 2) afirmam que, “dentre vários desafios inclusivos, um dos maiores é o de ensinar conceitos e fenômenos naturais e científicos para alunos com deficiência visual”.

No sentido de romper com esse quadro, destaca-se o trabalho do grupo do professor Eder Pires de Camargo, que procura estudar os fundamentos psicológicos e didáticos do ensino de física para alunos com deficiência visual. Para ele

em termos educacionais, o conhecimento das concepções alternativas é central para os processos de ensino/ aprendizagem, já que, toda construção de conhecimento tem por ponto de partida e ancoragem as ideias prévias dos aprendizes. Saber o que os alunos conhecem sobre a matéria de ensino, além de trazer à tona o aspecto dinâmico do conhecimento científico, orienta estratégias instrucionais e critérios avaliativos, define metas a serem atingidas e explicita caminhos e obstáculos cognitivos. (CAMARGO, 2008, p. 28)

O pesquisador explora vários conceitos físicos (luz, atrito, som, etc.), sempre com a preocupação de fornecer elementos para que os estudantes cegos possam construir representações sobre os fenômenos e, com isso, consigam operar conceitualmente. Um de seus trabalhos é justamente sobre o conceito de dispersão da luz branca em prisma, o qual serviu como uma das bases para a condução de nossa pesquisa.

O nosso referencial teórico para construção dos instrumentos de pesquisa e de análise dos dados é a Teoria dos Campos Conceituais (TCC), que é uma teoria do desenvolvimento de conhecimentos e de competências complexos, que se desenrola durante um grande intervalo de tempo (VERGNAUD, 1990, e 2011). Construída a partir das pesquisas de Gérard Vergnaud sobre a didática da matemática, ela procura investigar o sujeito em situação.

Apesar de sua origem ligada às matemáticas, a TCC tem sido aplicada em outras áreas, seja como instrumento para o planejamento de atividades (CARVALHO JR e AGUIAR JR, 2008), seja como teoria de base para a interpretação das construções dos sujeitos (ARRIASECQ e GRECA, 2012; COSTA e MOREIRA, 2005; FANARO, OTERO e MOREIRA, 2009; MOZZER, 2013). Nos últimos tempos, tem havido crescente interesse pela aplicação da TCC em estudos sobre conceitualização em educação em ciências (CUDMANI e PESÁ, 2008; ESCUDERO e JAIME, 2009; FANARO, OTERO e MOREIRA, 2009; CARVALHO, AGUIAR e BRUNO, 2013; MOZZER, 2013, OTERO, FANARO, SUREDA et al., 2014; PRODANOFF, 2015).

Vergnaud procura investigar os conceitos durante o seu processo de formação. Por isso, o acento nas situações como aquilo que dá sentido ao conceito. Para o autor, conceitos funcionam como ferramentas culturais que podem ser utilizados pelos sujeitos e que, por isso, comportam três dimensões: as situações (S), as formas de representação (R) e os invariantes operatórios (VERGNAUD, 1990). São as situações que dão sentido ao conceito ao prover a base para sua contextualização. É onde os conceitos encontram sua materialidade. As formas de representação simbólica do conceito devem ser partilhadas por determinados grupos sociais para serem frutíferas. Já os invariantes operatórios são a parte mais plástica do conceito e possuem duas categorias: os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação.

O processo de conceitualização necessita de uma base subjetiva que torne o sujeito capaz de agir. A organização da atividade pelo sujeito é feita por meio de esquemas. Essa noção de esquema evoluiu desde as formulações de Kant, passou por uma noção mais restrita em Revault d'Allonnes e foi ressignificado por Piaget (CARVALHO, JR & PARRAT-DAYAN, 2015).

Vergnaud amplia essa noção, colocando-a no centro da atividade do sujeito. Para isso, ele apresenta que esquemas são do tipo “domínio específico”, sendo orientados para classes específicas de situações. Podemos entender os esquemas como sendo a organização invariante da atividade para uma dada classe de situações. Em Vergnaud (2011), esquemas são compostos pelas regras de ação e de antecipação, pelos objetivos e metas, pelos mecanismos próprios de controle e pelos invariantes operatórios.

Os invariantes operatórios são, portanto, o elo entre os conceitos e os esquemas, funcionando, portanto, como a base conceitual implícita que permite a interação esquema-situação. Esses invariantes operatórios possuem duas classes diferentes e complementares. A primeira classe representa o(s) conceito(s) que dado sujeito julga pertinente(s) para abordar determinada situação. Essa admissão de pertinência é feita de forma implícita, motivada pelos dados que o sujeito consegue assimilar da situação enfrentada (CARVALHO, JR, 2013). Esses são os conceitos-em-ação. A partir dos conceitos julgados como pertinentes, o sujeito estabelece relações entre eles no sentido de projetar a sua ação e obter êxito em suas atividades. Essas relações funcionam como proposições sobre o real e recebem o nome teoremas-em-ação.

Os conceitos-em-ação são, metaforicamente falando, tijolos que servem para construção de proposições que, quando confrontadas com determinado modelo científico, podem ser consideradas falsas ou verdadeiras. As proposições tidas como verdadeiras pelo sujeito em seu processo de conceitualização são os teoremas-em-ação (VERGNAUD, 2011).

Assim, as interações realizadas entre o sujeito e os objetos ao longo do processo de conceitualização fornecem o cenário para que os conceitos e teoremas em ação possam ser transformados em conceitos científicos. É possível, pois, a partir da investigação dos invariantes operatórios utilizados por determinado sujeito, avaliar como evolui o processo de conceitualização dos sujeitos.

Metodologia

A pesquisa foi conduzida com uma estudante cega que cursa a segunda série do Ensino Médio em uma escola estadual do interior de Minas Gerais. Essa escola é reconhecida pela comunidade local como desenvolvedora de um trabalho de qualidade. Ela possui um espaço específico para a condução de atividades com alunos deficientes visuais e há um profissional designado para acompanhar tais estudantes. Esse profissional não possui uma formação específica no que tange ao atendimento a pessoas com NEE. Um dos autores deste trabalho havia realizado estágio na escola e, por isso, já conhecia o cotidiano do estabelecimento e era conhecido por todos.

Realizamos uma entrevista clínica com a estudante durante uma hora e meia, onde apresentamos uma maquete que representava a dispersão da luz branca em um prisma. Durante a entrevista, houve momentos para que a estudante manipulasse a maquete, discutisse os conceitos físicos envolvidos e interagisse com os entrevistadores.

Após um contato com a escola e a autorização tanto da direção quanto dos pais da estudantes, organizamos uma atividade em que o conceito de dispersão da luz pudesse ser estudado a partir da utilização da maquete mostrada a seguir.



Figura 1: montagem do prisma com as cordas de guitarra

Esta maquete foi confeccionada com uma base fixa de madeira, papelão, 6 cordas de guitarra (encordoamento completo), papel contact e pedaços de tubos de caneta. Com os papelões, construímos um prisma, deixando uma de suas laterais abertas e o fixamos na base. As cordas de guitarra foram, em parte, entrelaçadas (cerca de 30 cm). O restante ficou separado para representar a dispersão da luz. Essas cordas também foram fixadas na base e os pedaços de tubos de caneta foram usados para auxiliar na fixação. Na montagem, as cordas ficaram tensionadas, podendo, quando tocadas, vibrar, sendo que cada corda vibrava em uma frequência distinta.

Em nossa maquete, a luz solar, mistura das cores que vemos no arco-íris, é representada pelas cordas de violão juntas (figura 2).



Figura 2: detalhe da afixação das cordas de guitarra juntas

Ao passar pela montagem que simula um prisma, as cordas são separadas e permanecem assim até serem presas na base da maquete.



Figura 3: detalhe da afixação das cordas de guitarra após passarem pelo prisma.

Tal qual ocorre com a luz, onde cada cor pode ser identificada por uma frequência de vibração, cada corda também vibra em uma frequência distinta. Além disso, a corda de maior densidade linear é a que apresenta menor frequência de vibração e está posicionada onde, em um prisma óptico, encontrar-se-ia a faixa da luz vermelha (faixa das menores frequências da luz visível).

Por se tratar de uma representação esquemática, não há identidade entre o fenômeno físico e a maquete construída. Como exemplo de uma diferença, citamos o fato de que, na dispersão da luz, as cores aparecem de forma contínua entre a luz vermelha e a violeta. No entanto, a “dispersão das cordas” ocorreu de forma quantizada, nada havendo no espaço entre as duas cordas. Essa diferença, no entanto, também ocorre quando um professor desenha o fenômeno utilizando raios de luz para a sua representação.

Para a realização da entrevista, a estudante foi conduzida pelo profissional responsável à sala especial, sendo acompanhada, também, de uma professora. Inicialmente, foram explicados os objetivos da pesquisa e nossas expectativas sobre os possíveis resultados.

Nossa preocupação inicial era a de construir um clima de cooperação para que nossa intervenção pudesse transcorrer de maneira mais natural. Durante a abordagem inicial, a estudante revelou já ter estudado o conteúdo de óptica em aulas regulares da escola, mas que não se lembrava dos conceitos, dos equipamentos e das leis estudados.

Em geral, ela relatou não ter tido acesso a materiais didáticos específicos e que somente ouvia a aula do professor. Nesse sentido, a estudante não conseguiu, sequer, nos dizer o tema central deste conteúdo. Esse quadro reforça a ideia de que, sem instrumentos didáticos que permitam a mediação entre o fenômeno físico e os estudantes, não há aprendizagem significativa.

Em seguida, iniciamos a apresentação do fenômeno, permitindo que, a cada explicação, a estudante interagisse com a maquete. Utilizamos, como ponto de partida, a ideia de que a estudante percebe a ação do Sol por meio do aquecimento em sua pele. Ela nos pareceu compreender essa situação. Nesse sentido, introduzimos a ideia de que a luz solar – o que ela percebe em sua pele – é uma mistura de diversas luzes. Quando essas cores são separadas ocorre o fenômeno de dispersão.

Apresentamos, então, a maquete como forma de demonstração da dispersão da luz. Em um

primeiro momento, apresentamos o equipamento com a abertura interna virada para o oposto dela (figura 4), e ela tocou em várias partes do equipamento. Nesse momento, iniciamos a apresentação dos conceitos de luz policromática (cordas todas juntas) e monocromática (cordas separadas).



Figura 4: detalhe para parte posterior da maquete.

Após esse momento, passamos a trabalhar com que ocorria dentro do prisma e permitimos que a estudante manipulasse o interior da maquete. Pouco a pouco, ela foi se entrosando com o material, percebendo as cordas nos dois lados do objeto. No começo ela teve um pouco de dificuldade em explicar as diferenças entre as cordas. Foi explicado, mais uma vez, que a corda de uma das extremidades do prisma é composta pelo entrelaçamento de outras cordas que quando chega ao prisma ocorre uma separação e no outro lado as cordas saem separadas, representando assim o fenômeno de dispersão da luz. Ela começou a compreender essa diferença quando seguiu toda a extensão das cordas com seus dedos, percebendo o local em que a separação começava a acontecer.

Nesse momento, perguntamos se ela conseguiu compreender esta representação para a dispersão. Então, por meio de toques nas cordas e na estrutura do prisma, nos explicou que ela percebe uma “corda mais grossa” – formada pelas cordas entrelaçadas – e que, dentro do prisma, elas se separam e saem na outra superfície separadas (“mais finas”). Ela também percebeu que as cordas separadas tinham espessuras diferentes.

Nos valem, então, desse modelo enunciado pela estudante para propor a comparação entre as cores e as espessuras das cordas. Apresentamos, assim, a relação entre a cor e frequência de vibração da onda. Para isso, fizemos vibrar as cordas e aproximamos os dedos da estudante para que ela pudesse sentir a vibração. Assim, sentindo as vibrações das cordas, foi possível associar diferentes cores a diferentes frequências.

Esse ponto foi particularmente importante porque diferencia fortemente a sensação de cor de um vidente² e de um cego. Enquanto um vidente percebe a cor pela sensação visual e, somente mais tarde, durante seu processo de escolarização, associa tal sensação a uma frequência, com a estudante cega a relação cor – frequência é primária. No entanto, por estar

² Essa denominação é comumente empregada pelos deficientes visuais para designar as pessoas que enxergam.

imersa em um mundo cultural fortemente dependente de estímulos visuais, a estudante já tinha ouvido falar sobre cor, mesmo sem nunca ter interagido com tal conceito do ponto de vista visual.

Nesse sentido, houve grande interesse da estudante por sentir a vibração das cordas que, para sua representação, é a cor. Percebemos que ela se deteve longamente com os dedos em todas as cordas que vibravam para sentir as diferenças.

Foi nesse momento em que passamos a nomear as cores em função das espessuras das cordas. A estudante nos disse, então, que, para ela, “a cor é um coisa que balança” e que “as cores diferentes balançam de forma diferente”. Esse conhecimento operatório nos parece essencial para a construção da representação de um fenômeno físico complexo, cujo acesso visual é impossível para a estudante. Nesse sentido, o conceito-em-ação de cor que ela utiliza é distinto do que os videntes, em geral, utilizam. Para a estudante, por exemplo, o vermelho é um tipo específico de vibração. O teorema-em-ação que afirma que “as diferentes cores vibram com frequências distintas” é essencial no processo de explicação do fenômeno da dispersão.

Por fim, solicitamos que a estudante fizesse uma avaliação sobre a utilização do equipamento. Ela nos afirmou que ficou muito interessada em estudar daquela forma e que a realização da atividade a auxiliou na construção da ideia de luz e de dispersão. Além disso, ela afirmou que gostaria de ter acesso a equipamentos que pudesse tocar para ajudar na compreensão do que estuda.

Considerações finais

A entrevista clínica realizada nos permitiu corroborar a importância dos instrumentos didáticos para mediar a construção de representações dos fenômenos físicos por parte de sujeitos cegos. A ação do sujeito sobre esses instrumentos permite que sejam construídos e modificados esquemas que formarão a base para novas ações em situações semelhantes.

A estudante investigada nos revelou forte interesse na exploração da maquete, na sua utilização como base para a construção do conceito de dispersão e na compreensão do fenômeno físico em geral. Em suas próprias palavras, “agora o que eu escutava apareceu aqui na minha frente”. Esse esforço de levar ao estudante cego os recursos didáticos adequados para seu aprendizado coloca-se, enfim, no âmbito da discussão de seus direitos de aprendizagem.

A possibilidade de promover um modelo de ensino multissensorial parece facilitar a aprendizagem por prover um contexto mais variado para a utilização de conceitos e teoremas em ação. Por isso, o sujeito torna-se mais capaz de construir representações acerca de fenômenos que ele não é capaz de enxergar e, com isso, operar com tais representações. A estudante entrevistada revela essa possibilidade ao afirmar que, para ela, cor é algo que vibra. Essa materialidade produzida para o conceito de cor torna-a capaz de construir uma explicação causal para o fenômeno da dispersão luminosa que, antes, lhe era impossível.

Nesse sentido, a pesquisa ora relatada é a primeira de uma série de outras que serão realizadas em outros contextos (intervenções em salas de aula com estudantes videntes e cegos), com outros conceitos e fenômenos físicos (referencial inercial, formação de imagem e objeto quântico).

Agradecimentos e apoios

IFMG – Campus Ouro Branco;

Com apoio da Fapemig

Referências

ARRIASSECQ, I. & GRECA, I. M. A teaching-learning sequence for the Special Relativity Theory at High School level historically and epistemologically contextualized. **Science & Education**, n. 21. 2012. p. 827 – 851.

BIANCHI, C., RAMOS, K. & BARBOSA-LIMA, M. C. Conhecer as cores sem nunca tê-las visto. **Ensaio**, v. 8, n. 1, p. 147-164, jan-abr, 2016.

CAMARGO, E. P. **Ensino de Física e Deficiência Visual: Dez anos de Investigações no Brasil**. São Paulo: Editora Plêiade, 2008.

_____. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com de ciência visual em aulas de Física**. São Paulo: Editora UNESP, 2012. [L]
[SÉP]

CAMARGO, E. P. et all. Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, 2008.

CAMPOS, A. **A Conceitualização do Princípio de Conservação de Energia Mecânica : Os Processos de Aprendizagem e a Teoria dos Campos Conceituais**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, USP, São Paulo. 2014.

CARVALHO JR, G. D. As concepções de ensino de Física e a construção da cidadania. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, abr. 2002, p. 53-66.

CARVALHO JR., G. D. **Invariantes Operatórios na transição entre dois campos conceituais: o caso do tempo relativo**. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte. 2013.

CARVALHO JR, G. D. & AGUIAR JR, O. G. Os campos conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 2: p. 207-227, ago. 2008.

CARVALHO JR, G. D., AGUIAR JR, O. G. e BRUNO, S. Invariantes operatórios utilizados por estudantes do ensino médio: o caso da transição entre conceitos clássicos e relativísticos. In : **IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Atas. Águas de Lindoia : Abrapec. 2013.

CARVALHO JR., G. D. & PARRAT-DAYAN, S. Recortes históricos sobre a noção de schème em Piaget: o processo de desenvolvimento de um conceito. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 96, n.244, p. 522-540. 2015.

COSTA, S. & MOREIRA, M. A. Knowledge-in-action: an example with rigid body motion. **Research in Science & Technological Education**, v. 23, Issue 1, May, 2005. P. 99-122.

CUDMANI, L. C. & PESÁ, M. A. La evolución de los significados de los Conceptos científicos en relación con la estructura cognitiva de los Estudiantes. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 3, p. 365-80, 2008.

ESCUADERO, C. & JAIME, E. A. Conocimientos-en-acción: un estudio acerca de la integración de las fuerzas y la energía en cuerpo rígido. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14(1). p. 115-133. 2009.

FANARO, M. A., OTERO, M. R. & MOREIRA, M. A. Theorems-in-action and concepts-in-action in two situations regarding the notion of quantum system. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 3, 2009.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. 1ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MOZZER, N. B. **O entendimento conceitual do processo de dissolução a partir da elaboração de modelos e sob a perspectiva da teoria dos Campos Conceituais**. Tese (Doutorado em Educação), Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte. 2013.

OTERO, M. R. et al. **La Teoría de los Campos Conceptuales y la Conceptualización en el aula de Matemática y Física**. Buenos Aires: Dunken. 2014.

PRODANOFF, F. **Enseñanza de nociones básicas de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en la Escuela Secundaria**. Tese de Doutorado - Facultad de Ciencias Exactas^[1] - Departamento de Formación Docente^[1] Núcleo de Investigación en Educación en Ciencia y Tecnología (NIECyT). Tandil. 2015.

REZENDE JR. M. F. **O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de física**. Tese de Doutorado – CCE – UFSC. 2006.

SILVA, C. C. & MARTINS, R. A. A teoria das cores de newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & educação**, vol.9, no.1, p.53-65, 2003.

SOLER, M. A. **Didáctica multissensorial de las ciencias: un nuevo método para alumnos ciegos, de cientes visuales, y también sin problemas de visión**. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1999.

VERGNAUD, G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en didactique des mathématiques**, vol. 10, n.23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. **A criança, a matemática e a realidade**. Curitiba: Editora UFPR. 2009a.

VERGNAUD, G. O que é aprender? In: BITTAR, M. e MUNIZ, C. A. (orgs). **A Aprendizagem Matemática na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais**. Curitiba: CRV. 2009b. PP.13-35.

VERGNAUD, G. Au fond de l'action, la conceptualisation. In: BARBIER, J-M. **Savoirs Théoriques et Savoirs d'action**. Paris: PUF, 2011, p. 275-292.

VERASZTO, E. V. & CAMARGO, E. P. Cegueira Congênita e Trabalho Científico: um estudo sobre a percepção de professores em formação em Ciências da Natureza. **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**.

VIGOTSKI, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes. 2009.