

Revisando a mudança conceitual: uma versão distribuída das concepções em ciências

Reframing conceptual change: A distributed version of conceptions in science

Alexsandro Pereira de Pereira

Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)/ Campus Uruguaiiana
alexsandro.pereira@unipampa.edu.br

Resumo

O presente trabalho apresenta uma abordagem sociocultural às concepções em ciências que se concentra em como “ferramentas culturais”, especialmente textos explicativos, mediam o seu funcionamento. Nesta perspectiva, as concepções em ciências são mais bem entendidas como sendo “distribuídas” entre agentes ativos e os recursos textuais que eles empregam. Após sugerir uma analogia entre concepções e memória coletiva, apresenta-se uma análise crítica do papel da racionalidade abstrata na mudança conceitual e deflagra-se, neste campo de estudo, a ausência de discussões a respeito dos processos de disputa e contestação sobre a realidade física, inerentes à produção de conhecimento. Finalmente, a partir de um exemplo de disputa e contestação na aula de ciências, discute-se a necessidade de tornar visível e de compreender o papel da “mediação textual” nas concepções em ciências.

Palavras chave: abordagem sociocultural, concepções, distribuição conceitual, mediação textual, mudança conceitual.

Abstract

In this paper, I outline a sociocultural approach to conceptions in Science, one that focuses on how “cultural tools”, especially explanatory texts, mediate its functioning. From this perspective, conceptions in science are best understood as being “distributed” between active agents and the textual resources they employ. After suggesting an analogy between conceptions and collective memory, I present a critical appraisal of the role of abstract rationality in conceptual change, revealing in this field of research a lack of discussions on the processes of dispute and contestation about the physical reality, so inherent to knowledge construction. Finally, drawing from an example of dispute and contestation in science classroom, I argue for the need to make visible and to understand the role of “textual mediation” in conceptions in science.

Key words: textual mediation, conceptions, conceptual change, sociocultural approach, conceptual distribution.

Revisando a mudança conceitual: uma versão distribuída das concepções em ciências

Introdução

Em *Voices of Collective Remembering*, Wertsch (2002) descreveu um episódio no qual ele observou uma aula de história em uma escola em Moscou, conhecida por seus fortes estudantes e excelente instrução. Naquela ocasião, ele teve a oportunidade de envolver alguns alunos em uma discussão sobre a segunda guerra mundial e perguntou a eles sobre o papel que os Estados Unidos haviam desempenhado nesse conflito. Em resposta a essa pergunta, um garoto de dezesseis anos de idade, Sasha, afirmou que os Estados Unidos ganharam muito dinheiro vendendo armas para os países durante os primeiros anos da guerra e que não haviam contribuído como um aliado. Isso porque, juntamente com a Inglaterra, eles se recusaram a abrir uma segunda frente de batalha em 1942 e em 1943. Além disso, Sasha afirmou que somente após os Estados Unidos começarem a pensar que a União Soviética poderia vencer a guerra por si própria e dominar a Europa pós-guerra é que eles ficaram suficientemente preocupados para abrir uma segunda frente de batalha em 1944.

Na avaliação de Wertsch (2002), o mais surpreendente acerca desse depoimento foi o modo como Sasha falou desses eventos. Ele se apresentou de forma segura e confiante, mostrando pouca dúvida ou hesitação. Era quase como se ele fosse uma testemunha ocular do que aconteceu. Tendo em vista essa reação de Sasha, duas importantes questões surgem desse episódio. Em primeiro lugar, como ele, um garoto de dezesseis anos de idade, pode ter tanta certeza do que aconteceu? Afinal de contas, ele não era nem mesmo nascido até quatro décadas após a segunda guerra mundial ter terminado. Em segundo lugar, de onde ele tirou essas ideias sobre o passado? Sua versão da segunda guerra mundial difere significativamente daquela encontrada nos Estados Unidos, assim como em outros lugares do mundo. Aos olhos de um norte americano, pode parecer que Sasha estava sendo provocativo, mas o fato é que ele produziu essa narrativa em uma época de sentimentos relativamente positivos com relação aos Estados Unidos. Aparentemente, ele simplesmente tomou sua resposta como uma descrição direta do que aconteceu.

Para Wertsch (2002), uma óbvia resposta a esta última pergunta é que a Rússia tem sua própria versão da segunda guerra mundial e os garotos da geração de Sasha têm aprendido sobre ela na escola, em casa, na mídia, e assim por diante. Tal aprendizagem invariavelmente toma a forma de “domínio” de textos narrativos sobre quem fez o quê para quem, por quais motivos e em que contexto, e há poucas razões para duvidar que foi assim que Sasha desenvolveu sua descrição do passado. Episódios como o de Sasha são exemplos do que tem sido discutido nas ciências sociais e humanas sob o título de “memória coletiva”. De acordo com Wertsch (2008), a memória coletiva é uma representação do passado compartilhada por membros de um coletivo, tal como uma geração ou um estado-nação. A partir do depoimento de Sasha, é possível inferir uma característica fundamental da memória coletiva, em geral, e do ensino de História, em particular: os indivíduos de uma dada época não têm acesso direto aos eventos do passado em si, mas apenas a uma narrativa desses eventos. Assim, ao invés de se basear na experiência direta e imediata dos eventos, o tipo de memória coletiva em questão

baseia-se em “recursos textuais” (WERTSCH, 2002) fornecidos por outros – i.e., narrativas que fazem a aproximação entre os eventos propriamente ditos e o nosso entendimento desses eventos.

Em um importante sentido, o mesmo ocorre em relação ao ensino de Ciências. De um modo geral, nenhum estudante de ciências – assim como nenhum de nós – tem acesso direto às “entidades inobserváveis” (HACKING, 1983) que as teorias científicas postulam tais como átomos, genes, fótons, elétrons, etc., mas apenas a certas explicações dessas entidades, ou seja, histórias sobre “o que elas podem fazer, o que você pode fazer a elas, e do que elas são feitas” (OGBORN et al., 2006). Isso significa que, ao invés de estarem fundamentadas em nossa experiência direta com a realidade física, as concepções científicas ensinadas na escola também são baseadas em recursos textuais (nesse caso, explicações). Esses recursos, orais ou escritos, fazem a ponte entre os fenômenos propriamente ditos e o nosso entendimento desses fenômenos.

Uma abordagem sociocultural às concepções em ciência

A linha de raciocínio apresentada acima pode ser estendida ao universo das concepções alternativas. Essa aproximação se baseia em uma analogia entre memória coletiva e concepções em ciências e implica uma origem cultural dessas concepções. Essa abordagem contrasta com o pressuposto amplamente aceito, às vezes acriticamente, de que as concepções alternativas têm suas origens na interação do indivíduo com o mundo físico, conforme a tradição piagetiana do desenvolvimento cognitivo. No entanto, diversos autores têm apontado uma origem cultural das concepções alternativas. Mortimer (2002), por exemplo, notou que as diversas definições de “calor”, presentes no dicionário, coincidem com as várias concepções alternativas desse conceito, encontradas na literatura. Solomon (1983) defendeu a tese de que as concepções alternativas estão profundamente arraigadas na sociedade.

Em conversa diária e através dos meios de comunicação, nossas crianças são confrontadas com suposições implícitas sobre como as coisas se movem, sua energia e suas outras propriedades, que podem estar diretamente em desacordo com as explicações científicas que eles aprendem na escola. Fora do laboratório escolar, esses adolescentes estão continuamente sendo *socializados* dentro de um repertório completo de explicações não-científicas. O exame de reportagens de jornal e da linguagem cotidiana torna clara a difusão desse processo subversivo (SOLOMON, 1983, p. 49, nossa tradução, itálico no original).

Essa abordagem às concepções em ciências certamente requer uma redefinição do que vem a ser uma concepção alternativa. Com base na analogia aqui proposta (entre concepções em ciência e memória coletiva), podemos definir inicialmente as concepções alternativas como sendo uma representação da realidade compartilhada por membros de um grupo social.

A “racionalidade abstrata” da mudança conceitual

Uma importante característica da mudança conceitual é que ela incorpora um tipo de “racionalismo iluminista”, adotado por importantes teóricos do desenvolvimento tais como Vygotsky¹ e Piaget (WERTSCH, 1996). Do ponto de vista do pensamento racionalista, a racionalidade universal e abstrata consiste no estágio final do desenvolvimento humano. O compromisso da mudança conceitual com o racionalismo se reflete na distinção amplamente aceita entre “concepções espontâneas”, de um lado, e “concepções científicas”, de outro. A partir dessa perspectiva, as primeiras são vistas como formas primitivas de pensamento,

¹ Conforme Wertsch (1996) tem apontado, a racionalidade abstrata de Vygotsky é, de certo modo, ambivalente, conforme mostra algumas passagens de sua obra *Pensamento e Linguagem* (VYGOTSKY, 1987).

baseadas na experiência concreta e imediata, enquanto que as últimas representam o pensamento lógico-abstrato. Alternativamente, as primeiras são com frequência associadas com o pensamento medieval (e.g. CLEMENT, 1982), enquanto que as últimas representam a racionalidade moderna. Essa abordagem às concepções alternativas segue uma linha similar ao que Shweder (apud WERTSCH, 1996) chamou “evolucionismo”, visão na qual diferentes crenças e entendimentos são tomados como passos em direção a uma escada ideacional, movendo-se progressivamente em direção a um ponto final normativo. A partir da visão evolucionista, as concepções científicas são vistas naturalmente como sendo superiores ou mais desenvolvidas do que as concepções espontâneas. Sob tal pressuposto, restam poucas alternativas senão convencer os estudantes a abandonar suas concepções prévias e aceitar as ideias da ciência. Essa alegada superioridade do pensamento científico é hoje um tema em discussão e tem sido problematizada por importantes pesquisadores da área de educação em ciências (e.g. COBERN, 1996).

Na psicologia do desenvolvimento, a abordagem evolucionista da mudança conceitual vai ainda mais longe ao assumir que as concepções científicas, no indivíduo, resultam da transformação ou “reestruturação radical” (CAREY, 1985) das concepções espontâneas. Essa visão assume uma espécie de força homogeneizante no desenvolvimento, que faz com que todas as concepções alternativas da criança tomem a forma de conceitos científicos na fase adulta. Essa posição levanta a questão de se é razoável assumir esse tipo de homogeneidade do pensamento racional entre contextos, i.e., se indivíduos que demonstraram capacidade de usar conceitos científicos em (pelo menos) um contexto necessariamente evocam conceitos científicos em todos os contextos. Essa questão é tema de recentes debates na literatura e tem sido abordada sob o título de “transferência da aprendizagem” (e.g. LAVE, 1988).

Diversos autores têm desafiado a homogeneidade do pensamento racional ao afirmar que os seres humanos são capazes de operar em “dois diferentes domínios de conhecimento” (SOLOMON, 1983). Essa posição é consistente com a noção de “heterogeneidade”, delineada por Tulviste (apud WERTSCH, 1991), que afirma que uma característica fundamental da atividade humana é a existência de uma variedade de formas qualitativamente diferentes de representar a realidade. De modo geral, as pesquisas contemporâneas em mudança conceitual têm reconhecido um tipo de pluralismo cognitivo similar ao que Wertsch (1991) chamou de “heterogeneidade com hierarquia genética”. De acordo com essa perspectiva, certas formas de pensamento surgem em um estágio posterior do desenvolvimento e, em função disso, são inerentemente mais poderosas ou eficazes. No contexto da mudança conceitual, no entanto, alguns estudos têm mostrado que mesmo quando os estudantes demonstram certo domínio sobre conceitos científicos, eles às vezes falham em usá-los e voltam a utilizar suas concepções iniciais em tarefas não familiares (GALILI e BAR, 1992). Isso significa que as concepções espontâneas dos estudantes não desaparecem sem deixar vestígios durante o processo de instrução, mas são preservadas e o retorno a essas concepções é normalmente interpretado como uma regressão.

No início da década de 90, Linder (1993) apresentou um desafio à mudança conceitual ao mostrar que a “dispersão conceitual” (i.e., heterogeneidade) é um fenômeno que ocorre tanto na ciência quanto na vida cotidiana. A partir de exemplos referentes aos conceitos de tempo, átomo, carga elétrica, massa, luz e corrente elétrica, o autor argumentou que muito do que é ensinado nos cursos superiores de Física é completamente inconsistente com as teorias contemporâneas da ciência. Contudo, o uso de conceitos da física clássica não é visto como uma regressão, mas sim como uma “apreciação” ou “adequação conceitual baseada em um contexto”. Essa posição é compatível com a noção de “heterogeneidade apesar da hierarquia genética” (WERTSCH, 1991), segundo a qual algumas formas de pensamento surgem depois de outras ao longo do desenvolvimento, mais isso não significa que elas sejam inerentemente

mais poderosas ou eficazes (pelo menos não em *todos* os contextos). Essa posição é defendida pela teoria dos “perfis conceituais” de Mortimer (1995). De acordo com essa teoria, o ser humano é capaz de usar diferentes “formas de pensar” em diferentes domínios, de modo que um novo conceito não substitui necessariamente uma concepção prévia. Nessa perspectiva, aprender significa modificar um perfil conceitual e tornar-se ciente das diferentes zonas que constitui esse perfil, o que inclui tanto ideias científicas como ideias do senso comum.

A teoria dos perfis conceituais admite, portanto, a coexistência de várias concepções na ecologia conceitual de um único indivíduo, mesmo nos casos em que essas concepções se mostram incompatíveis entre si. Ainda assim, mesmo essas concepções conflitantes podem ser vistas como sendo complementares, no sentido de que cada uma delas é usada pelo indivíduo em um dado contexto específico. Dessa forma, um estudante não precisa suprimir suas ideias de senso comum, do mesmo modo que um químico com sólida formação quântica não precisa abandonar completamente sua visão daltoniana de átomo (MORTIMER, 1996). Isso porque as visões clássicas e quânticas desse conceito têm cada qual seu próprio domínio de validade. Esse argumento tem sido usado para defender o “valor pragmático da linguagem cotidiana” (EL-HANI e MORTIMER, 2010). Isso significa que o estudante pode manter suas concepções espontâneas juntamente com as concepções científicas que ele aprendeu na escola, desde que ele saiba usar cada uma dessas concepções em seu respectivo domínio de aplicação (contexto cotidiano e contexto escolar).

Essa abordagem, no entanto, levanta a seguinte questão: o que acontece quando duas ou mais concepções competem pelo *mesmo* domínio de aplicação? Em outras palavras, o que fazer quando indivíduos de origens culturais distintas não compartilham da mesma visão de mundo em um domínio particular? (Considere, por exemplo, as divergências religiosas entre os povos do Oriente Médio e suas consequências brutais). Essa é uma questão que o programa dos perfis conceituais nunca ousou enfrentar.

Um conflito entre concepções científicas

Examinar situações de conflito entre concepções que são alternativas entre si implica deslocar o foco da heterogeneidade do pensamento individual para questões de diversidade cultural e processos sociais decorrentes dessa diversidade. Muitos esforços na pesquisa em educação em ciências estão sendo realizados no sentido de reconhecer as diversas esferas da atividade humana (família, trabalho, escola, igreja, etc.) como sendo sub-culturas de um grupo social mais amplo (e.g. AIKENHEAD, 1996). Ainda assim, pouca atenção tem sido dada aos processos de disputa e contestação decorrentes das diferentes visões de mundo que existem em cada uma dessas esferas. Para ilustrar o tipo de disputa que temos em mente, considere o seguinte exemplo ocorrido recentemente em um encontro de ensino de ciências. Em um importante sentido, esse episódio guarda fortes semelhanças com o depoimento de Sasha, apresentado na introdução deste artigo.

No primeiro semestre de 2009, Aline², uma estudante de pós-graduação em educação em ciências, ministrou um minicurso de Física voltado para professores de ciências em formação inicial e continuada. Nessa ocasião, ela envolveu a plateia em uma discussão sobre o experimento de dupla fenda para elétrons e perguntou como era possível gerar um padrão de interferência no segundo anteparo, mesmo quando a fonte emite um único elétron de cada vez (i.e., cada elétron só é emitido após o registro da contagem do elétron anterior). Em resposta a essa pergunta, um ouvinte da plateia disse: “segundo Dirac, cada elétron interfere consigo

²Este é um nome fictício. O verdadeiro nome foi omitido para preservar a identidade da estudante.

mesmo”. Essa resposta está fundamentada na explicação de Dirac (formulada para fótons), extraída da obra *The Principle of Quantum Mechanics*:

... antes da descoberta da mecânica quântica, algumas pessoas perceberam que a conexão entre ondas de luz e fótons deve ser de caráter estatístico. O que elas não perceberam claramente, no entanto, era que a função de onda fornece informação sobre a probabilidade de *um* fóton estar em um determinado local e não o número provável de fótons nesse local. A importância dessa distinção pode esclarecer-se da seguinte forma. Suponha que temos um feixe de luz, consistindo de um número grande de fótons, dividido em duas componentes de iguais intensidades. A partir da suposição de que a intensidade do feixe está conectada com o número provável de fótons no feixe, devemos ter metade do número total de fótons em cada componente. Se as duas componentes agora são postas a interferir, isso requer um fóton em uma componente sendo capaz de interferir com um fóton na outra componente. Às vezes, esses dois fótons teriam que aniquilar um ao outro e, outras vezes, eles teriam que produzir quatro fótons. Isso contradiz a conservação da energia. A nova teoria, que conecta a função de onda com probabilidades para um fóton, supera essa dificuldade ao fazer cada fóton viajar parcialmente em cada uma das duas componentes. Cada fóton então interfere apenas consigo mesmo. Interferência entre dois fótons diferentes nunca ocorre³ (DIRAC, 1930, p. 9, nossa tradução, itálico no original).

Voltando ao episódio em questão, ao ouvir o comentário acima, Aline reagiu com certo tom de indignação ao responder: “não! Não é o elétron que interfere consigo mesmo. É o *estado* do elétron que interfere!”. Essa resposta obviamente atribui um *status* de realidade ao conceito de *estado quântico*, embora não esclareça o que ocorre com o elétron quando ele passa pelas fendas. Aparentemente, essa é uma questão que não devemos ousar perguntar. No que se refere à atuação de Aline, no entanto, sua reação é tão surpreendente quanto à de Sasha. Ela respondeu prontamente, mostrando pouca dúvida ou hesitação. Era quase como se ela pudesse “ver” o elétron (ou o estado do elétron) com os seus próprios olhos. A ideia de que uma interpretação alternativa do fenômeno pudesse existir parece não ter sido uma opção para ela.

Esse episódio pode suscitar o mesmo tipo de pergunta envolvida no caso Sasha: como Aline, uma pós-graduanda em educação em ciências, pode ter tanta certeza de sua resposta? De onde ela tirou essas ideias sobre interferência quântica? Sua concepção do fenômeno em questão difere substancialmente da concepção apresentada por Dirac, na qual “cada fóton [viaja] parcialmente em cada uma das componentes”. Uma óbvia conclusão desse episódio é que Aline e o ouvinte da plateia tiveram sua formação inicial em tradições interpretativas distintas. Em ambos os casos, eles aprenderam sobre o fenômeno de interferência quântica na Universidade, com seus colegas e professores, lendo livros e artigos científicos que são compartilhados pelos membros de sua comunidade acadêmica. Nesse contexto, aprender ciências envolve o domínio de explicações científicas fornecidas por outros – i.e., “recursos textuais” (WERTSCH, 2002) que são compartilhados pelos membros do grupo social no qual o indivíduo faz parte. Em suma, Aline e seu ouvinte estavam baseando-se em recursos textuais distintos.

Ao abordar as concepções em ciências a partir da perspectiva da mediação textual, é possível concluir que: (1) apesar de qualquer impressão que ela possa ter tido do contrário, Aline não estava simplesmente descrevendo a natureza *tal como ela é*. Para isso, seria necessário pressupor uma interpretação única, verdadeira e universalmente aceita do fenômeno, o que implicaria uma compatibilidade completa entre a fala de Aline e a de outros indivíduos, incluindo seu ouvinte; (2) o discurso de Aline não é o resultado de uma mente isolada. Ela estava empregando um item de um “repertório completo de explicações” (SOLOMON, 1983),

³ Conforme Pessoa Jr. (2003) tem alertado, essa última afirmação nem sempre é verdadeira.

que constitui parte essencial do “kit de ferramentas” (WERTSCH, 1991) disponível em seu contexto sociocultural. Isso não significa que ela estava simplesmente repetindo um discurso de modo irracional. Pelo contrário, ela se mostrou perfeitamente capaz de justificar sua resposta, reformulando-a e adicionando novas informações ao seu enunciado. Isso mostra que ao invés de formarem instrumentos rígidos, que são ou utilizados em sua totalidade ou não são utilizados de maneira alguma, as explicações são ferramentas culturais mais flexíveis, que podem ser usadas de forma criativa e em combinação com outras para gerar novas formas de mediação.

Considerações Finais

A abordagem às concepções em ciências proposta no presente trabalho está fundamentada em um modelo de “distribuição conceitual” desenvolvido por nosso grupo de pesquisa (PEREIRA, 2012, PEREIRA e OSTERMANN, 2011). De acordo com esse modelo, as concepções em ciências são mais entendidas como formas de “ação mediada” (WERTSCH, 1991). Na terminologia da ciência cognitiva contemporânea, as concepções em ciências são vistas como sendo “distribuídas” (HUTCHINS, 1995) entre agentes ativos e itens como gráficos, simulações computacionais ou explicações. Este modelo de distribuição conceitual difere de outras teorias de mudança conceitual ao sugerir que diferentes grupos podem gerar diferentes representações da realidade, mesmo na comunidade científica. A partir dessa perspectiva, as concepções em ciência são vistas como um processo ativo que frequentemente envolve disputa e contestação entre pessoas, mais do que como um corpo estruturado de conhecimento que elas possuem. Nesse sentido, a mudança conceitual é concebida como “transformações da ação mediada” (WERTSCH, 1998), estando associada ao surgimento de novos recursos textuais na forma de explicação (escrita ou falada).

Uma característica fundamental da “mediação textual” (Wertsch, 2002) é que os recursos textuais envolvidos nem sempre são tomados como objetos de reflexão consciente. Essa falta de consciência da natureza mediada das concepções em ciências é um exemplo daquilo que Wertsch (2002) chamou de “transparência da linguagem”. No caso de Aline, é como se ela estivesse olhando “através” dos textos explicativos que ela estava empregando e não pudesse ver ou apreciar o modo como eles moldavam o que ela dizia. Assim, faz-se necessário tornar visível a mediação textual e compreender o papel que os recursos textuais desempenham nas concepções em ciência e na mudança conceitual. Isso implica uma análise de como as explicações científicas são produzidas (pela comunidade científica, pela mídia, etc.) e de como elas são usadas, ou “consumidas”, por professores e estudantes no ensino de ciências.

Referências

- AIKENHEAD, G. S. Science education: Border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, Leeds, v. 27, n. 2, p. 1-52, 1996.
- CAREY, S. *Conceptual change in childhood*. Cambridge: MIT Press, 1985.
- CLEMENT, J. Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, Melville, v. 50, n. 1, p. 66-70, 1982.
- COBERN, W. W. Worldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*, Hoboken, v. 80, n. 5, p. 579-610, 1996.
- DIRAC, P. A. M. *The principles of quantum mechanics*. Oxford: Clarendon Press, 1930.

- EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. O Valor Pragmático da Linguagem Cotidiana. In: CUNHA, A. M. O.; MORTIMER, E. F.; AGUIAR JR., O. G.; NASCIMENTO, S. S.; FONSECA, M. C. F. (Orgs.). *Convergências e tensões no campo da formação e do trabalho docente: educação ambiental, educação em ciências, educação em espaços não-escolares, educação matemática*. Belo Horizonte: Autêntica, 2010. p. 327-350.
- GALILI, I.; BAR, V. Motion implies force: where to expect vestiges of the misconceptions? *International Journal of Science Education*, London, v. 14, n.1, p. 63-81, 1992.
- HACKING, I. *Representing and intervening: Introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.
- HUTCHINS, E. How a Cockpit Remembers Its Speeds. *Cognitive Science*, New York, v. 19, n. 1, p. 265-288, 1995.
- LAVE, J. *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.
- MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, New York, v. 4, n. 3, p. 267-285, 1995.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino em Ciências*, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.
- MORTIMER, E. F. Uma agenda para a pesquisa em educação em ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 36-59, 2002.
- OGBORN, J.; KRESS, G.; MARTINS, I.; MCGILLICUDDY, K. *Explaining science in the classroom*. Buckingham: Open University Press, 2006.
- PEREIRA, A. P. *Distribuição conceitual no ensino de física quântica: uma aproximação sociocultural às teorias de mudança conceitual*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Mudança conceitual ou escolas concorrentes? Rumo a um modelo de distribuição conceitual. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, 2011, Campinas. *Anais...* Rio de Janeiro: ABRAPPEC, 2011.
- PESSOA JR., O. *Conceitos de física quântica*. São Paulo: Livraria da Física, 2003.
- SOLOMON, J. Learning about energy: how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, London, v. 5, n. 1, p. 49-59, 1983.
- VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1987.
- WERTSCH, J. V. *Mind as action*. New York, Oxford University Press, 1998.
- WERTSCH, J. V. The narrative organization of collective memory. *Ethos*, Urbana, v. 36, n. 1, p. 120-135, 2008.
- WERTSCH, J. V. The role of abstract rationality in Vygotsky's image of mind. In: TRYPHON, A.; VONÈCHE, J. (Eds.). *Piaget – Vygotsky: The social genesis of thought*. Hove: Psychological Press, 1996.p. 25-43.
- WERTSCH, J. V. *Voices of the mind: A sociocultural approach to mediated action*. Cambridge: Harvard University Press, 1991.
- WERTSCH, J. V. *Voices of collective remembering*. New York: Cambridge University Press, 2002.