

CONFLITOS, CURIOSIDADE EXPLORAÇÃO: PADRÕES AFETIVOS NO PROCESSO DE MUDANÇA CONCEITUAL

José Francisco CUSTÓDIO
Doutorando do PPGET
Maurício PIETROCOLA
Faculdade de Educação USP
Frederico Firmo de Souza CRUZ
Departamento de Física, UFSC

Todos os homens têm, por natureza, desejo de conhecer... não só para agir, mas até quando nos propomos a operar coisa alguma - Aristóteles

INTRODUÇÃO

Há recentemente na educação científica um crescimento da consciência coletiva que aspectos *afetivos* (emoções, crenças, valores e atitudes) influem significativamente na atividade intelectual dos indivíduos, em particular, na aprendizagem (Pintrich *et al.*, 1993; Tyson *et al.*, 1997; Alsop & Watts, 1997, 2000; Villani & Cabral 1997; Pietrocola, 2001). Essa reorientação se deve em parte as críticas decorrentes dos resultados pouco satisfatórios alcançados por abordagens extremamente *cognitivistas* (Villani, 1992; Chinn & Brewer, 1993; Mortimer, 1995). Os proponentes deste novo empreendimento defendem que na educação científica haja uma apreciação adequada das conexões entre componentes afetivos e cognitivos da construção intelectual dos estudantes. Mas, a idéia não é tão recente. Piaget (1981) considerou o desenvolvimento intelectual como um processo que ocorre durante a vida toda e sedimentou a idéia da simbiose entre afeto e cognição na aprendizagem. Para Piaget, sem afeto não haveria interesse, tampouco motivação; e conseqüentemente, perguntas ou problemas nunca seriam colocados e não haveria inteligência. A pergunta é então: por que componentes afetivos são freqüentemente desconsiderados?

Grande parcela da responsabilidade por esta condição deve-se a visão reducionista proeminente nos anos sessenta e setenta que considerava os aspectos afetivos como idiossincráticos e, portanto, fora do escopo das pesquisas educacionais. Como era um campo pouco objetivo, comprometia a neutralidade a ser alcançada por meio de objetivos de ensino operacionalizáveis (Pinheiro, 2003). Outro argumento amplamente defendido era a dificuldade de mensurar variáveis afetivas. Estados afetivos são inferidos a partir de medidas fenomenológicas (relatos próprios dos indivíduos sobre suas emoções), expressivas e fisiológicas. Já que um estado afetivo (emocional) deve ser considerado como uma função de um estado fisiológico acompanhado de uma interpretação cognitiva (incluem-

se aí crenças e valores) apropriada a este estímulo (Schachter & Singer, 1962; Mandler, 1985), é preciso um inventário do histórico das avaliações cognitivas bem como dos fatores sociais do ambiente para predizer a manifestação destes ditos estados no indivíduo. Claramente, isto difere entre as faixas etárias bem como de um indivíduo para outro (Duschl *et al.*, 1999).

Atualmente estas dicotomias vêm sendo suplantadas. Gomes-Chacón (2003) ao tratar a relação afeto-cognição na educação matemática sugere que os afetos formam um sistema regulador da estrutura de conhecimento do estudante. Portanto, “*não basta conhecer de maneira apropriada os fatos, os algoritmos e os procedimentos para garantir o sucesso nesse sujeito*” (p. 24). As dificuldades de aprendizagem da disciplina não residiriam somente no registro cognitivo, mas também nas crenças do indivíduo sobre a matemática e sobre si mesmo. Similarmente, Alsop & Watts (2000) assumem a premissa que a aprendizagem é influenciada por sentimentos e emoções e, reciprocamente, a aprendizagem pode influenciar sentimentos e emoções. Eles desenvolvem a idéia que dependendo do status da *relevância* de um tópico, um estudante pode ter a aprendizagem estimulada ou inibida. Pietrocola (2001) avança a idéia da possibilidade dos alunos manterem vínculos afetivos com o conhecimento de física. Isto se daria quando os estudantes percebessem a possibilidade de extrapolar este conhecimento, muitas vezes limitado a situações artificiais, para interpretação da realidade; uma relação muito além daquelas percebíveis do contexto escolar. A conclusão geral é que a afetividade joga um importante papel no funcionamento e resultados de nossa vida mental e que no mínimo deve ser reconhecida como parte integrante da aprendizagem e incorporada dentro de teorias mais amplas sobre o assunto. Esta parece ser a preocupação de Pintrich *et al.* (1993), que observaram:

...as dificuldades teóricas de um **frio** ou, excessivamente racional, modelo de mudança conceitual focalizado apenas sobre a cognição dos estudantes sem considerar as maneiras pelas quais as crenças motivacionais dos estudantes sobre eles mesmos como aprendizes e os papéis dos indivíduos nas classes de aprendizagem podem facilitar ou obstruir a mudança conceitual (p. 167).

Hidi (1990) mostrou que *interesse* é a central para determinar como as pessoas selecionam e persistem em processar preferencialmente certas informações recebidas do ambiente. Essas considerações têm sérias implicações na aprendizagem, principalmente porque nas tarefas em que há interesse explícito por parte do estudante a um salto qualitativo no processamento das informações. Em particular, ela sugere que o interesse pessoal influencia a atenção seletiva dos estudantes, o esforço em persistir na tarefa e

aquisição de conhecimento. Por exemplo, Alsop & Watts (1997) apresentaram evidências empíricas, na qual alguns sujeitos de pesquisa se mostraram extremamente reticentes em relação ao tema radiatividade, atestando que as pessoas perdem interesse e atenção em assuntos em nos quais há ausência de relevância pessoal. Segundo os autores, os aprendizes *“irão rejeitar e se desengajar completamente de certo tema, quando este tema parecer repugnante ou desagradável”*(p. 639).

O tema afetividade também reorientou e ofereceu uma nova agenda as pesquisas sobre mudança conceitual. Por exemplo, Tyson *et al.* (1997) expandiram o modelo de aprendizagem de Posner *et. al.* (1982) acrescentando a sua categoria epistemológica de base as dimensões *ontológica* e *social/afetiva*, sendo a mudança conceitual vista a partir de uma dinâmica entre as três dimensões, uma vez que considera-se não somente as mudanças conceituais de conhecimento que um estudante constrói ao passar de uma concepção “falsa” a uma científica mais exata, como fazia a teoria original. Similarmente, Alsop & Watts (1997) propuseram um quadro mais holístico de análise para as mudanças conceituais postulando as categorias *cognitiva*, *conativa*, *afetiva* e *“self-esteem”*. Para eles, *“qualquer modelo de mudança conceitual que negligencie uma dimensão afetiva é na melhor hipótese muito parcial”*(p. 647).

Este trabalho forma parte da perspectiva acima delineada. Inicialmente, nós iremos rever algumas idéias basilares dos modelos tradicionais de mudança conceitual (Posner et al., 1982; Posner & Strike, 1992). Em particular, discutiremos a ênfase dada ao critério de *insatisfação* com as idéias prévias e a sua materialização em estratégias metodológicas de geração de *conflitos cognitivos* através da apresentação de *anomalias*. Com suporte, principalmente de pesquisas na área de *motivação pessoal*, oferecemos um relato sobre a origem *afetiva* de tais conflitos. Aliada a uma avaliação cognitiva, a resposta afetiva, em geral o afeto negativo, as situações conflituais, nós denominaremos *insatisfação* com as idéias prévias. Por que a condição de insatisfação sozinha não permite um engajamento nas tarefas de aprendizagem, desenvolvemos a hipótese da existência de um comportamento exploratório posterior às situações de conflito. Especificamente, desenvolvemos a hipótese que esse comportamento exploratório é fruto da *curiosidade* de se conhecer a informação incógnita, e da necessidade de minimizar os efeitos da insatisfação com o conhecimento corrente. Nós também apresentamos o argumento controverso que o comportamento exploratório gerado pelas situações de conflito não se direciona inevitavelmente a um conhecimento mais racional. Isto significa dizer que os alunos não procuram automaticamente um conhecimento, inteligível, plausível e frutífero, mas, sobretudo, a redução da incerteza pela ausência da informação.

A FRIA MUDANÇA CONCEITUAL E A IDÉIA DE CONFLITO COGNITIVO

Nas últimas décadas proliferaram esforços em mapear as concepções a respeito de eventos físicos trazidas por estudantes para sala de aula (Pfundt & Duit, 1994). Verificou-se que algumas “idéias falsas” dos alunos podem ser fracas, mas outras podem servir de base ativa para modelos teóricos e possuir certa lógica interna quando confrontados com os objetos de ensino, apresentando ampla resistência à instrução, dada a sua adequação ao tipo de problema que elas podem resolver. Portanto, possivelmente privilegiando, no plano da atividade intelectual, a convivência dessas concepções com os conhecimentos científicos supostamente aprendidos pelos alunos. A vertente “construtivista” da mudança conceitual forjou-se como contrapartida teórica para explicar e fornecer métodos de superar este tipo de raciocínio constatado empiricamente. A idéia principal propalada é que ao aprenderem um novo conceito os alunos não são receptores passivos de conhecimento, mas participantes ativos e em último caso responsáveis pela sua aprendizagem. A aprendizagem teria o ponto de partida nos conhecimentos prévios trazidos pelos alunos para o contexto das situações didáticas (Driver, 1988).

A mais influente abordagem sobre mudança conceitual na perspectiva construtivista foi desenvolvida por Posner *et. al.* (1982). Eles estabeleceram uma teoria que tentava explicar como os conceitos organizadores dos indivíduos se modificam de um conjunto de conceitos para outro, incompatível com o primeiro. A analogia chave da teoria assumia o isomorfismo entre a mudança de teorias na ciência (Kuhn, 1987; Lakatos, 1979) e, no mínimo, uma parcela do desenvolvimento cognitivo dos indivíduos; e se baseava na noção de *acomodação* Piaget, a qual se refere aos casos nos quais a uma nova experiência é tal que as estruturas cognitivas existentes não podem aceitar a nova informação, as estruturas devem ser modificadas a fim de dar conta dela. Como resultado, a visão de mundo é modificada com a inclusão da nova experiência como parte legítima da nova estrutura perceptual ou conceitual. Este processo requer que as seguintes condições sejam obedecidas: (1) deve haver *insatisfação* com a concepção existente; (2) deve haver uma nova concepção concorrente que seja *inteligível*; (3) a nova concepção deve parecer inicialmente *plausível*; e (4) a nova concepção de ser *frutífera*. Há também uma série de compromissos intelectuais assumidos pelo indivíduo que complementam e direcionam uma acomodação: sua *ecologia conceitual*. Uma nova concepção irá derivar seu significado a partir da interação com os critérios constituintes da ecologia conceitual. Aqui entram em jogo os compromissos epistemológicos, as crenças metafísicas e conhecimentos prévios do indivíduo, o que permite avaliar e determinar se as condições para que haja uma acomodação foram satisfeitas. Como notam Schnotz et al. (1999), “*tal estrutura tem proporcionado a justifica teórica para o uso instrucional de ‘conflitos cognitivos’ e se tornou o*

paradigma principal na condução de pesquisas e práticas educacionais na educação científica” (p. xiv).

De acordo com Strike & Posner (1985), a fase de conflito, de insatisfação com a concepção existente é central para o processo de mudança conceitual. É nesse estágio que os estudantes irão perceber a necessidade de “trocar ou reorganizar” seus “conceitos centrais”, porque eles são “*incapazes de resolver alguns problemas que presumidamente deveriam ser capazes de resolver*” (p. 218). A maior fonte de insatisfação é a *anomalia*. As recorrentes tentativas sem sucesso de assimilar uma experiência ou nova concepção às estruturas cognitivas existentes, fazem com que um indivíduo experimente uma anomalia. Em outras palavras, não é possível ao indivíduo “dar sentido” a novidade. Contudo, o indivíduo necessita reconhecer a anomalia como tal. Neste caso, Strike & Posner sugerem que uma anomalia irá produzir insatisfação somente se: os estudantes compreenderem que a descoberta experimental representa uma anomalia; que é preciso reconciliar esta descoberta com suas concepções existentes, além do compromisso em reduzir as inconsistências dentro do seu sistema de crenças.

Assim, para promover a mudança conceitual pondo em foco o *conflito cognitivo* nas suas mais variadas formas (Hewson & Hewson, 1984; Dreyfus et al, 1991; Limón & Carretero, 1999), deve-se supor que o processo de aprendizagem se desenvolve satisfatoriamente para um aluno se o *status*, quer dizer, o nível de inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade das idéias científicas, as quais se têm contato via processos de instrução cresce, e em contrapartida o *status* das idéias que se quer ultrapassar diminui (Hewson & Thorley, 1989). Com relação ao tratamento didático dado pelo professor, West & Pines (1984) chamaram os estágios principais da mudança conceitual de “*conscientização, desequilíbrio e reformulação*”. No primeiro, se daria a tomada de consciência pelo aluno das suas representações e concepções e o que elas o impedem de aprender. As escolhas didáticas feitas nessa etapa permitem a emergência das representações, pois confrontam o aluno com situações, principalmente cotidianas, que requerem a explicitação de suas idéias. No segundo, busca-se uma desestabilização conceitual, o conflito propriamente dito, no qual ocorre a confrontação entre os saberes científicos e os saberes oriundos das relações pessoais dos alunos. Esse confronto ocorre não somente entre o grupo-classe e os saberes a ensinar, mas também entre as representações dos alunos. Nesta fase, procura-se reforçar a insatisfação com as idéias prévias recorrendo-se aos chamados “experimentos cruciais” que contrariem as expectativas dos estudantes e favoreçam a construção do conhecimento científico. Por último, é apresentado ao aluno um modelo explicativo satisfatório, aplicável a um conjunto novo de contextos, em particular, aqueles anômalos, na esperança de modificar as suas relações pessoais com os saberes.

Percebeu-se mais adiante que as situações conflitivas não garantem a passagem das idéias alternativas às científicas, ou muito menos o expurgo de tais idéias. Na verdade, ocorre insatisfação em vários níveis quando estas são usadas e fracassam. Para Vosniadou (1999), os estudantes freqüentemente contornam inconsistências de maneira superficial e não avançam para um tipo de mudança conceitual necessária para compreender conhecimentos científicos mais complexos. Similarmente, Schnotz et al. (1999) criticam a eficácia do resultado do uso de conflitos cognitivos, pois se a concepção do estudante tiver um caráter funcional de ferramenta cognitiva, é pouco provável que eles se sintam insatisfeitos com estas idéias, já que elas se aplicam bem na explicação de eventos do cotidiano. Chinn & Brewer (1993), num estudo bastante difundido no domínio de estudo das concepções científicas dos alunos, mostraram que uma contra-evidência necessariamente não altera o ponto de vista dos estudantes. Estes autores propuseram sete tipos de respostas aos dados anômalos: ignora, rejeita, exclui, deixa de lado, reinterpreta mudanças periféricas e mudança de teoria. Dados anômalos não são aceitos quando o indivíduo os ignora ou rejeita. Por outro lado, dados anômalos são explicados por um indivíduo quando mudanças são produzidas na teoria (mudança periférica ou de teoria). Quando dados conflitivos são rejeitados, ignorados ou deixados de lado o indivíduo não é capaz de explicá-los e nenhuma mudança ocorre na teoria. Segundo Villani & Cabral (1997), essas evidências empíricas representam indícios de tipos e graus diferentes de insatisfação, cuja intensidade e alcance, não são apenas influenciados pela distância entre o esperado e o acontecido, mas também, pelas características intrínsecas do que se denomina fracasso.

Portanto, numa avaliação rigorosa, os resultados das pesquisas na área revelam-se mais contra do que a favor do uso de situações conflitivas em estratégias de ensino na perspectiva da mudança conceitual; ou pelo menos, minimizam os efeitos sugeridos no modelo original. Tais resultados mostraram que o processo de mudança conceitual apresenta um padrão “*evolucionário*” no qual os estudantes mantêm elementos substanciais das velhas idéias enquanto gradualmente incorporam elementos significativos da nova (Nussbaum, 1989; Vosniadou, 1999; Duit, 1999). Então, já que a mudança conceitual não é “*revolucionária*”, quer dizer, não acontece com uma substituição abrupta de concepções, mediante uma situação em que as concepções correntes do indivíduo são incapazes de dar sentido, qual o proveito e eficácia em se insistir nas estratégias focadas na idéia de conflito? Visto da maneira tradicional o uso de conflitos cognitivos parece realmente não conduzir a um desenvolvimento de idéias, tampouco ao rechaço das idéias antigas dos alunos. Na verdade, é pouco razoável a crença em uma mera substituição de idéias (Mortimer, 1995). Mas, como negar a necessidade de manter o aluno engajado nas tarefas escolares? De conscientizá-los da insuficiência conceitual de suas concepções quando comparadas com as científicas, isto é, de torná-los *insatisfeitos* com elas?

Em primeira instância é lícito rejeitar a suposição, fortemente apregoada no modelo de mudança conceitual original, e atenuadamente em iniciativas posteriores, que os alunos possuem um objetivo racional de dar sentido as informações e coordená-las com seu conhecimento prévio. No começo de qualquer relação didática professor e alunos jogam papéis distintos, porque ambos não dispõem do mesmo conjunto de significações (Jonnaert, 1996; Ricardo *et al*, 2003). Inicialmente o aluno mantém uma relação com os saberes ainda precária e o professor irá “colocá-lo em jogo” a fim de fazê-la evoluir e expandir-se para além do contexto da escola e da tutela do professor, já que a relação didática é por natureza perecível. Assim, um paradoxo existe para efetivação do modelo de mudança conceitual: de um lado, o conhecimento científico se constitui como algo fracamente apreciável para o aluno, mas, de outro, hipotetiza-se a eleição do mesmo como foro privilegiado para julgamento das informações conflitivas provenientes da experiência. De fato, não é possível avaliar a experiência presente em termos do conhecimento potencial futuro. Indivíduos operam em um tempo longo de aprendizagem no qual significados se constroem paulatinamente, o conhecimento é moldado por situações problemas e ações em situações por meio das quais um conceito adquire sentido (Vergnaud, 1994).

Em nossa visão, tais restrições às estratégias de conflito tipicamente presentes na tradição da mudança conceitual são contornáveis se abandonarmos, ao menos parcialmente, o vértice puramente racional da teoria. Como o aluno inicialmente não tem uma relação sólida com o saber científico não é capaz de decidir a partir do referencial deste saber se ele é o mais adequado, porém é possível argumentar que o aluno é capaz de reconhecer a inadequação do conhecimento presente. Neste caso, seria limitado ver a primeira condição para mudança conceitual, a *insatisfação* com as concepções prévias, como unicamente *epistêmica*, totalmente despida de características afetivas. Isto porque, quando os alunos se tornam insatisfeitos com uma concepção eles não procuram necessariamente um novo construto inteligível, plausível e frutífero que irá balancear a estrutura conceitual geral, até então em desequilíbrio. Ao contrário, o papel principal das situações conflitivas é o desencadeamento de um comportamento exploratório, estruturado em bases tanto cognitivas quanto afetivas, com poder ou não de deslanchar num conhecimento de nível científico. Em síntese, as informações conflitivas não dizem muito sobre o que assimilar, mas dizem no mínimo que algo deve ser assimilado.

CONFLITOS E A CONDIÇÃO DE INSATISFAÇÃO

Antes de revisarmos os achados mais recentes dentro da literatura sobre *motivação pessoal*, nós gostaríamos de ressaltar a distinção feita por Hidi (1990) entre duas maneiras de se investigar o papel do interesse na atividade cognitiva. Na primeira, tradicionalmente

referida como *interesse individual*, investigadores acessam preferências pessoais e interesses e examinam suas contribuições na performance cognitiva. Na segunda, o foco é o interesse que foi elicitado, por exemplo, por alguma coisa no ambiente, ouvir uma conversa, ou ler um texto, por exemplo. Tal interesse, evocado caracteristicamente por estímulos do ambiente, é chamado *interesse situacional*. “*Enquanto o foco do interesse individual é a pessoa e o foco do interesse situacional é o ambiente, a interação entre pessoa e ambiente é um aspecto crucial para ambos*” (p. 551). De acordo com a visão expressada no presente artigo, o interesse gerado em situações conflitivas, em particular, com o uso de anomalias, constitui um exemplo de uma forma específica de interesse situacional.

Algumas das melhores evidências do valor dos componentes afetivos na aprendizagem e desempenho cognitivo foram dadas por Pintrich *et al.* (1993). Eles mostraram que construtos motivacionais como orientação de objetivos, valores, crenças sobre a eficácia do indivíduo na solução de problemas em certo domínio e controle de crenças servem como mediadores no processo de mudança conceitual. Tais variáveis afetivas, aliadas ou não a fatores situacionais, moldariam o interesse pessoal dos estudantes e determinariam quando eles atenderiam a certa discrepância nos esquemas prévios na tentativa de se adaptar as demandas ou restrições com as quais ele se defronta na sala de aula, o que poderia levar então a uma insatisfação com o entendimento conceitual da situação em foco. Segundo eles, esta ligação entre contexto, motivação e cognição, mostra o quão insuficiente é o professor apresentar a nova informação num formato instrucional de mudança conceitual que gere desequilíbrio da parte do estudante, ou que pelo menos alguns pressupostos teóricos devem ser reavaliados. Isto aponta a necessidade de se identificar os tipos de informação responsáveis em criar um alto grau de interesse na situação abordada.

Berlyne (1966) foi o primeiro pesquisador a considerar elementos do ambiente como causa do interesse. Ele concluiu que interesse é instigado por variáveis psicofísicas de objetos físicos e mentais, como novidade, surpresa, incongruência, complexidade e a incerteza criada no sujeito por tais objetos. Para Berlyne, quando um indivíduo é perturbado pela falta de informação, e então levado a um estado de incerteza e conflito, ele irá iniciar um comportamento exploratório. O indivíduo intensificará o recebimento estímulos a partir de uma fonte particular a fim de suprir a falta da informação precisa. Por exemplo, uma criança que encontra um objeto pela primeira vez irá tocá-lo, e examiná-lo cuidadosamente. Ela explora o objeto ou o ambiente para identificar as suas propriedades básicas e reduzir a incerteza. Estas ações de transformação da experiência, nem sempre produzem aquelas implicações esperadas ou desejadas, embora se leve em conta o fato de todas as ações serem direcionadas a produzir transformações desejadas da experiência, e são

acompanhadas de uma avaliação afetiva. Segundo Peterson (2000), tal avaliação de implicações, incluindo as implicações inesperadas, constitui-se como funções do sistema emotivo do indivíduo, a partir do qual ele estabelece marcos indicativos se o trajeto, seja perceptual ou intelectual, para um determinado objetivo está sendo percorrido própria ou imprópria. O papel das emoções irá se manifestar essencialmente em duas dimensões, tradicionalmente conhecidas como afeto positivo e afeto negativo. Na primeira dimensão, há indicativos que progressos estão ocorrendo e um estado final provavelmente ocorrerá em uma maneira desejada, portanto, a integridade estrutural do atual visão de mundo em operação (concepções, crenças, motivação) no indivíduo pode ser mantida intacta. Por exemplo, uma boa nota em prova, ou mais abstratamente um sorriso de uma pessoa cortejada. Na segunda dimensão, ao contrário, há indicativos que algo está acontecendo de maneira errada e, principalmente, a atual visão de mundo pode não ser funcional. Por exemplo, uma criança crente na existência do “papai Noel”, experimenta sentimentos negativos ao depara-se com a realidade que os próprios pais traziam os presentes no natal. Então, é necessário reelaborar a seqüência de ações e, no limite, construir uma nova visão de mundo.

Peterson (2000) também faz referência às situações nas quais não existem padrões determinados para avaliação afetiva, e, por não serem compreendidas, são experienciadas de forma paradoxal: são positivas, em potencial, e negativas, em potencial, e irrelevantes, em potencial. Esses são os ditos eventos anômalos, que podem ser classificados como *não-revolucionários* ou *revolucionários*. No caso não-revolucionário, uma anomalia é algo que pode ser meramente assimilados sem alterar ou erradicar a estrutura da atual visão de mundo de uma pessoa. Ela irá inicialmente produzir um estado de afeto indiferente, embora pesando na maioria das vezes em direção ao afeto negativo, servindo assim como advertência para evidência de erro. Se você está acostumado a passar por um corredor para chegar a um elevador, e alguém descuidadamente deixa uma cadeira no meio do corredor, isto pode constituir uma anomalia. Você ainda pode pegar o elevador, porém deve contornar a cadeira. Esta situação produzirá uma sensação de afeto indiscriminado, imediatamente abrandada pela ação correta e o raciocínio “a cadeira está no lugar errado”. No caso revolucionário, uma anomalia é resistente à categorização dentro de uma confinada visão de mundo e tem origem quando um problema não pode ser resolvido facilmente. Você tem, por exemplo, uma carreira como montador em uma fábrica. Mas uma tecnologia nova torna suas habilidades obsoletas. A experiência de trabalho não pode por muito tempo ser limitada por suas habilidades habituais. Nesta situação, você deve construir uma nova visão de mundo, novas habilidades devem ser incorporadas. Do ponto vista afetivo, quando uma seqüência de planos elaborados para alcançar um determinado objetivo falha, a integridade da visão de mundo corrente torna-se questionável. Peterson argumenta que este processo

de questionamento pode ocorrer por causa da emergência de sentimentos como *desapontamento* ou *frustração* em consequência das falhas repetidas. Em outras palavras, quando uma visão de mundo é operacional ela conduz eficazmente a um estado final desejado, mas nada novo é aprendido. Isto porque coisas são aprendidas somente quando um estado final não é imediatamente obtido e que o erro (anomalia), “*serve como a mãe de todas as coisas*” (p. 13). Sob tais condições torna-se razoável repensar a estrutura da visão de mundo.

Assim, a percepção da inconsistência de certa visão de mundo é resultado da emergência de alguma anomalia. A anomalia é experienciada, inicialmente, numa guerra de motivações e emoções. As emoções são primariamente negativas, por razões defensivas, como consequência direta da existência de falhas. Se nos recordarmos da primeira condição para instauração da mudança conceitual nos indivíduos do modelo tradicional, o argumento acima se encaixaria perfeitamente, só que, diferentemente, ele alicerça a condição de insatisfação com as idéias prévias em bases afetivas, ao vinculá-la com sentimentos que realmente denotam a falta de uma informação correta e, ao mesmo tempo, alertam os equívocos na rota conceitual para um objetivo final. Porém, como se espera um comportamento voltado a diluir, superar ou incorporar a anomalia parece estranho pensar uma resposta emocional as situações conflitivas primordialmente orientada para o afeto negativo, já que por excelência o *interesse pessoal* é conectado ao afeto positivo. Um indivíduo irá naturalmente se engajar em tarefas as quais sejam relevantes para ele e despertem sentimentos positivos. A aparente dicotomia pode ser compreendida quando associamos este tipo de resposta afetiva, não com o que o indivíduo trás como respostas padronizadas em virtude das mais diversas experiências vividas, mas como resposta a partir das variáveis situacionais em foco.

Neste caso, o afeto negativo tem potencial, enquanto coordenador do comportamento, de gerar o *interesse situacional* discutido acima. Por exemplo, Wong (1979) articulou a hipótese *frustração-exploração*, a qual propõe que frustração, originada quando elementos de incerteza e conflito estão presentes no ambiente, leva a exploração. Nesta compreensão, um ambiente livre de falhas significa falta de desafio, por outro lado, um desafio adequado resulta acasionalmente em frustração; portanto, é impossível criar situações desafiadoras sem a possibilidade de falha. No contexto educacional, Wong sugere que tal hipótese pode ser utilizada como ferramenta para preparação de estratégias metodológicas nas quais frustração induza exploração, assim “*os estudantes terão de colocar sérios esforços para explorar, mais sofisticadas, ou mais criativas maneiras de realizar a tarefa*” (p. 142). Similarmente, Heinzen (1994) mostrou a existência de um tipo de criatividade resultante de demandas motivacionais externas ocasionada em situações frustrantes quando um objetivo importante é persistentemente não alcançado. Por exemplo,

ocorreram uma série de invenções nos períodos de fome na Alemanha durante a I Guerra Mundial, como o uso de sangue de animais em pães, a mistura de proteínas de plantas e gordura no lugar de ovos, utilização de restos de peixes e ossos, a criação de maneiras de extrair gordura vegetal das frutas. Conforme a sugestão de Heinzein, frustração pode facilitar a performance cognitiva pelo aumento da motivação para solução de problemas e estimulação intelectual. Frustração produz instigação para um número de diferentes tipos de respostas, pois *“existe frequentemente a tendência de um sujeito aumentar seus esforços após uma falha, de tentar uma variedade de respostas alternativas, apresentando algum tipo de emotividade”* (p. 137). Este comentário se coaduna com a hipótese mencionada anteriormente que o afeto negativo pode ser motivante e resultar em uma variedade de respostas.

Até então, nós conectamos a condição de insatisfação com as idéias prévias presente no modelo de mudança conceitual com demandas afetivas do ambiente externo. Em nosso relato, com a emergência de um evento anômalo o indivíduo experimenta uma lufada de afeto negativo, particularmente o sentimento de frustração ou desapontamento, o qual nós temos insistido ser a base afetiva do que se pode verdadeiramente chamar insatisfação. Claramente, tal insatisfação, tem em vista a visão de mundo corrente, ou especificamente, o conhecimento presente no indivíduo e não as características do conhecimento potencial futuro. Portanto, a condição de insatisfação não aponta direções a serem percorridas, embora instigue a procura de respostas à incidência do evento anômalo, quer dizer, é o ponto de partida para um comportamento exploratório. A seguir apresentamos um relato mais detalhado de como o comportamento exploratório opera nos indivíduos

CURIOSIDADE E EXPLORAÇÃO

Na investigação científica uma das motivações fundamentais do homem, reside simplesmente em sua curiosidade intelectual, em seu desejo profundo e persistente de chegar a conhecer e compreender o mundo que habita (Hempel, 1970). Desde o tempo dos gregos antigos, a possibilidade de conhecer era vista com um potencial em separado das necessidades básicas de sobrevivência. Havia a esperança de um conhecimento puro: o conhecimento teria um valor em si mesmo. Antes de ser uma necessidade, o conhecimento, a virtude de explicar as coisas, atenderia a demandas pessoais de configurar o mundo como algo 'familiar'. Hoje, abandonado tal sonho contemplativo, mesmo assim, torna-se razoável a crença que a ciência responde a anseios desinteressados do homem de ganhar um conhecimento cada vez mais amplo do mundo em que ele se encontra. A ciência

caracteriza-se como o desejo humano de compreender o mundo e como o mesmo é organizado.

Nesta compreensão, é possível consolidar a construção do conhecimento numa base sólida, tanto do afeto, como da cognição. O pensamento de Maturana (2001) reconhece esta inter-relação. Segundo ele, “*a emoção fundamental que especifica o domínio de ações no qual a ciência acontece como uma atividade humana é a curiosidade, sob a forma do desejo ou paixão pelo explicar*” (p. 133). Portanto, é a curiosidade e o desejo de compreender que motivam as pessoas a procurar conhecimento. Assim, a criatividade científica não se desenvolve a partir de lições prescritas com objetivos definidos; acontece quando a curiosidade e a paixão pelo explicar são cultivadas. Contudo, no contexto escolar as motivações que levam o cientista a insistir em certos problemas ou perguntas têm pouca relevância para os alunos. O conhecimento tal como é construído dentro de uma comunidade científica encontra sentido apenas quando acompanhado dos conceitos, modelos e leis subjacentes no corpo de uma teoria, bem como permite a formulação de novas questões ou solução de problemas se é ponto de partida da investigação, salvo em momentos críticos revolucionários (Kuhn, 1987). Por outro lado, no âmbito escolar, conforme foi discutido anteriormente, no início de uma relação didática o aluno não tem relações com os saberes científicos, se as têm são fracas e carregadas de concepções e representações. Assim, como fazer com que uma situação que foi significativa para ciência se torne alvo de *interesse* para o aluno? Como estimular a *curiosidade* dos alunos sobre situações que envolvam a procura de conhecimento científico?

Parte da resposta a estas questões foi contemplada anteriormente quando tratamos da condição de insatisfação com as idéias prévias. Contudo, uma das proposições deste ensaio é que a condição de insatisfação sozinha é insuficiente para uma descrição adequada do caminho percorrido entre uma idéia prévia e uma nova, incompatível com a primeira. A condição de insatisfação é apenas o estágio inicial de um processo mais complexo de busca de informação. Tal processo de exploração significa o exame de todas as variáveis em jogo a partir da perspectiva de várias idéias alternativas e a partir de várias perspectivas emocionais. Quando um conjunto de idéias e conhecimentos guia a exploração de uma anomalia, tem como seu ponto final a expectativa de algo desconhecido (um novo conhecimento, ou solução de um problema), o qual atua como incentivo. É possível dizer, assim, que o espírito exploratório é algo agindo sobre tutela do incentivo (de que um novo conhecimento esta por ser alcançado). Isto está intimamente relacionado com o a necessidade mais abstrata de *curiosidade* (Peterson, 2000).

Curiosidade é definida como a necessidade, ou desejo de conhecimento. O conceito de curiosidade é central para as pesquisas sobre motivação. O termo pode ser usado como a descrição de um comportamento específico bem como um construto hipotético para

explicar o mesmo comportamento. Hunt (1963) estabelece que curiosidade se refere a *"motivação inerente ao processamento de informação"*, isto significa que curiosidade é uma mistura de cognição e motivação. O fundamento principal é o estabelecimento e a manutenção de certa quantidade de incongruências. Incongruências determinariam a força, direção e as qualidades afetivas do comportamento. Berlyne (1966) acredita que curiosidade é o pré-requisito motivacional para o comportamento exploratório. Exploração se refere a toda atividade relativa ao ganho de informação do ambiente, bem como toda atividade cognitiva no sentido de aumentar o alcance da seleção de estímulos e seleção de respostas, ou seja, de aumentar o repertório intelectual do indivíduo. Segundo Wong (1979), Berlyne considera duas condições antecedentes para curiosidade: incerteza e conflito. Ele afirma que nos trabalhos de Berlyne sobre comportamento exploratório *"as situações nas quais incerteza é de importância psicológica são as situações de conflito"* (p. 134). Na condição de desconforto, devido à inadequação de certa informação, Berlyne irá acusar a existência de curiosidade que motiva o comportamento exploratório.

Embora a tradição de pesquisas sobre comportamento exploratório específico focalize principalmente a curiosidade perceptual, ou seja, a atividade perceptual de incrementar o contato do indivíduo com o ambiente externo, Berlyne estendeu sua análise a curiosidade epistêmica, onde a curiosidade é motivada por conflitos de ordem conceitual, e as respostas são direcionadas para estímulos capazes de dispersar a incerteza bem como providenciar informações para armazenar nas estruturas simbólicas. Esta suposição da teoria de Berlyne é bastante semelhante à suposição da teoria de mudança conceitual que os conflitos podem gerar insatisfação com as concepções prévias dos alunos, mas ao mesmo tempo não contém nenhum indício em favor da suposição que a insatisfação com as concepções prévias levaria a uma substituição automática por uma outra racionalmente mais adequada. Na verdade, é possível articulá-la a nosso relato sobre a condição de insatisfação com as idéias prévias. Diferentemente do modelo de mudança conceitual, no modelo de Berlyne o processo de desenvolvimento e teste de hipóteses pode ser mais facilmente ampliado, e entendido explicitamente como função de aspectos cognitivos e motivacionais. Tal processo envolve uma situação de conflito, tipicamente com a apresentação de uma anomalia. Quando esta potencial peça de contra-evidência das idéias prévias torna-se saliente há o reconhecimento pelo indivíduo da incapacidade do seu repertório conceitual de respostas dar conta da situação. Isto ocorre tanto no registro cognitivo como no afetivo. No primeiro, porque o indivíduo não é capaz de incorporar a novidade aos seus esquemas existentes. No segundo, pela evidência de falha em incorporar a novidade (o afeto negativo já discutido). Segue-se, então, um estado interno de cunho afetivo-cognitivo de falta da informação, a curiosidade, e, finalmente, um comportamento exploratório com o objetivo de suprir a falta da informação. Decorre desta explicação o que

levaria um indivíduo a se engajar numa tarefa escolar, algo aparentemente fora do alcance do modelo de mudança conceitual tradicional.

Tal suposição é coerente com o trabalho recente de Schwitzgebel (1999) que postulou a existência de uma *curiosidade de busca-de-explicação* associada com padrões de afeto, frente a fenômenos ou eventos não explicados por esquemas conceituais anteriormente mantidos por um sujeito. Caracteristicamente esse padrão de afeto está ligado ao desenvolvimento, teste, e refutação de esquemas ou idéias que levarão a satisfazer a curiosidade de busca-de-explicação. No relato de Schwitzgebel, curiosidade seria a característica chave das explicações. Ele diz:

Se nós aceitarmos a existência de certo tipo de curiosidade dos seres humanos que é satisfeita quando uma explicação é apresentada e compreendida, então parece plausível supor que teorias...tem um papel importante em nossas vidas mentais...a curiosidade que nos impulsiona a procurar por explicações tenderá a emergir e re-emergir até nós estarmos capacitados a responder nossas questões neste domínio (1999, p. 472-473).

Poder-se-ia dizer que, em linhas gerais, que os seres humanos têm necessidade social de adquirir informação do ambiente. Assim, nós seríamos 'programados' no processo evolutivo com certos impulsos sociais e informacionais, responsáveis em refinar nossa capacidade de interagir produtivamente com nossos semelhantes. Por exemplo, as pessoas têm o impulso para interagir socialmente; certamente, quando privadas do convívio de outros tenderão a sentir só e, provavelmente, buscarão a companhia de alguém ou algo (um animal ou objeto). Cada um desses impulsos é, portanto, associado a um engajamento em certas atividades a fim de alcançar o objetivo incitado. No caso do impulso informacional, as pessoas possuem um *sentimento de curiosidade* associado, manifestado num comportamento exploratório de teste de hipóteses, formulação de questões e atividade mental privada. A curiosidade seria ativada quando fatos ou eventos tornassem evidente ao sujeito a dificuldade de englobá-los em sua atual concepção. Obviamente, existem níveis distintos de curiosidade de busca-de-explicação. Por exemplo, ao procurarmos saber qual é a velocidade máxima do avião concorde, receberíamos em troca um número, não um tipo de explicação. Por outro lado, quando estamos curiosos sobre como água evapora dos tecidos a temperatura ambiente, é uma situação típica explicativa, nós queremos entender não apenas ser informados. Portanto, a intensidade da reação ao evento anômalo irá derivar diretamente da riqueza do desafio ao esquema conceitual existente, e a sua capacidade de produzir explicações. Schwitzgebel sugere ainda que sua hipótese pode ser empiricamente verificada se observarmos os padrões de afeto associados ao surgimento e resolução da curiosidade de busca-de-explicação. Claramente, a argumentação de Schwitzgebel é

importante, pois integra cognição e afeto na resolução de problemas e raciocínio científico, e, sobretudo, serve de bom apoio para defendermos a idéia de uma interpretação com base afetiva, a fim de preencher o hiato deixado pelo modelo de mudança conceitual desde a primeira condição para ocorrência da mudança conceitual até as demais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo primário deste artigo residia em discutir a condição de insatisfação com as idéias prévias dos alunos e a conseqüente demanda por uma teoria racionalmente mais adequada. Nós argumentamos a necessidade de incorporar à condição de insatisfação uma avaliação afetiva, a partir da qual o sujeito pudesse detectar a falha no seu conhecimento corrente em incorporar ou explicar um evento anômalo. Mas, como toda solução há problemas trás seus próprios problemas, destacamos a insuficiência da condição de insatisfação em gerar sozinha um engajamento nas tarefas de aprendizagem. Nós sugerimos, então, que a condição de insatisfação diz respeito ao conhecimento mantido pelo aluno no momento do conflito, sendo necessário uma perspectiva com vistas a um conhecimento futuro. Neste caso, a insatisfação é o estágio inicial de um comportamento exploratório. A exploração amparada na necessidade da informação incógnita teria sua origem na hipótese de uma curiosidade inerente aos seres humanos, aguçada por situações de conflito. Neste ínterim, negamos a hipótese do comportamento exploratório inexoravelmente deslanchar num conhecimento de nível científico.

Nós gostaríamos de concluir apontando algumas implicações e limites deste trabalho. Em primeiro lugar, quando rejeitamos a orientação automática do comportamento exploratório rumo a uma concepção racionalmente mais coerente, não dissemos que os alunos não alcançarão este tipo de conhecimento. Nosso comentário incide mais sobre o espontaneísmo subjacente a hipótese teórica do modelo tradicional do que sobre a real possibilidade de um esforço intelectual e didático no sentido de se apreender conceitos científicos. Nosso relato serve para mostrar como o mecanismo de “passagem” entre as concepções pode operar. Cabe, portanto, ao professor capitalizar as situações em que os alunos estejam dispostos tanto cognitivamente como afetivamente a buscar um novo conhecimento e convertê-las em ocasião para dotá-los de um arsenal mais vasto de explicações científicas. A nosso ver, só a partir daí, havendo certo amadurecimento intelectual do aluno, tem lugar uma imersão mais profunda nos critérios ditos racionais.

Vale ressaltar ainda que as situações de conflito não se reduzem aquelas nas quais se apela para experimentos, pois o professor pode identificar e por em conflito, via diálogo, as idéias dos alunos. Neste caso, é distintivo o papel de situações ligadas ao universo dos alunos. Segundo Runco (1994), problemas do mundo real tendem a propiciar

frequentemente soluções mais criativas, e são presumivelmente mais significativos e motivantes do que problemas artificiais. Um ensino pautado no estímulo da curiosidade dos alunos não deve ficar a mercê da artificialidade dos exemplos dos livros didáticos. É interessante para alunos trazer o mundo abstrato da física para o entendimento do mundo construído diariamente em suas experiências. Parece, entretanto, pouco razoável esperar alguma curiosidade em se compreender os conceitos físicos no universo particular deste domínio. Por exemplo, o estudo de ondas eletromagnéticas e suas interações da maneira usualmente apresentada nos livros (e na maioria das classes de física) é pouco significativo para os alunos. Já quando a partir delas se pode compreender eventos cotidianos, como porque os objetos tem cores diferentes, porque os objetos mudam de cor quando a luz incidente é alterada, indubitavelmente existe um espectro mais vasto e propício no qual naturalmente o desejo de conhecer pode atuar.

Finalmente, embora o engajamento em atividades baseados em características situacionais seja por natureza evocado repentinamente, tenha curto efeito e influencie marginalmente os conhecimentos e crenças de um indivíduo (HIDI, 1990), as situações didáticas no ensino de ciências, quando voltadas par o cultivo da curiosidade e paixão pelo explicar nos alunos, podem contribuir para um interesse mais duradouro e uma aprendizagem significativa. Em outras palavras, com o produto desta motivação forjada pelas situações didáticas os alunos podem aprender a se interessar por assuntos científicos, particularmente, de física. Com o passar do tempo e a percepção de que as aulas são instigantes, que respondem perguntas que os alunos verdadeiramente se fazem, é de se esperar um salto qualitativo no tocante ao interesse pessoal. Obviamente, esta e as outras hipóteses aqui tratadas merecem ser testadas empiricamente.

Nós temos a noção que a discussão acima não resolve (nem se pretendeu) problemas clássicos da aquisição de conhecimentos científicos. De fato, no atual estágio das pesquisas sobre mudanças conceituais o reconhecimento de aspectos afetivos permeados aos processos cognitivos de raciocínio, apenas lançou luz numa direção diferente, e supostamente promissora sem, contudo, oferecer (ainda) um caminho seguro para terra prometida.

REFERÊNCIAS

- ALSOP, S & WATTS, M. Sources from a Somerset Village: a model for informal learning about radiation and radioactivity. *Science Education*, 81 (6), p.633-650, 1997.
- ALSOP, S & WATTS, M. Facts and feelings: exploring the affective domain in the learning of physics. *Physics Education*, 35 (2), p. 132-138, 2000.
- BERLYNE, D.E. Curiosity and exploration. *Science*, 153, p. 25-33, 1966.
- CHINN, C. A. & BREWER, W. F. The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. . *Review of Educational Research*, 63 (1), p. 1-49, 1993.

DREYFUS, A; JUNGWIRTH, E. & ELIOVITCH, R. Applying the “cognitive conflict” strategy for conceptual change _ some implications, difficulties, and problems. *Science Education*, 74 (5), p. 555-569, 1990.

DRIVER, R. Theory into practice II: a constructivist approach to curriculum development. In: Development and Dilemmas in Science Education. FENSHAM, P. (Ed.). New York: The Falmer Press, 1988.

DUIT, R. Conceptual change approaches in science education. In: New perspectives on conceptual change. SCHNOTZ, W; VOSNIADOU, S. & CARRETERO, M. (Eds.). New York: Pergamon, 1999.

DUSCHL, R. A; DEÁK, G. O; ELLENBOGEN, K. M. & HOLTON, D. L. Developmental and educational perspectives on theory change: to have and hold, or to have and hone. *Science & Education*, 8, p. 525-541, 1999.

GOMEZ-CHACÓN, I. M. Matemática emocional: os afetos na aprendizagem matemática. Porto Alegre: Artmed, 2003.

HEMPEL, C. Filosofia da Ciência Natural. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1970.

HEINZEN, T. E. Situational affect: proactive and reactive creativity. In: Creativity and Affect. SHAW, M. P. & RUNCO, M. A. (Eds.). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, 1994.

HEWSON, P. W. & HEWSON, M. G. The role of conceptual conflict in conceptual change and design of science instruction. *Instrucional Science*, 13, 1-13, 1984.

HEWSON, P.W. & THORLEY, N.R. The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11, 541-553, 1989.

HIDI, S. Interest and its contribution as a mental resource for learning. *Review of Educational Research*, 60 (4), p. 549-571, 1990.

HUNT, J. McV. Motivation Inherent in Information Processing and Action. In: *Motivation and Social Interaction: Cognitive Determinants*. New York: Ronald., 1963.

JONNAERT, P. Dévolution versus contre-devolution! Um tandem incontournable pour le contrat didactique. In: Au-delà des Didactiques, le Didactique: débats autour de concepts fédérateurs. RAISKY, C. & CAILLOT, M. (eds.). France: De Boeck Université, 1996.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 1987.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa. in: A crítica e o desenvolvimento do conhecimento. LAKATOS, I. e MUSGRAVE, A. (orgs). São Paulo: Cultrix, 1979.

LIMÓN, M. & CARRETERO, M. Conflicting data and conceptual change in history experts. In: New perspectives on conceptual change. SCHNOTZ, W; VOSNIADOU, S. & CARRETERO, M. (Eds.). New York: Pergamon, 1999.

MANDLER, G. Cognitive Psychology. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1985.

MATURANA, H. Cognição, Ciência e Vida Cotidiana. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2001.

MOREIRA, M. A. & GRECA, I. M. Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência & Educação*, 9 (2), p. 301-315, 2003.

MORTIMER, E.F. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4 (3), p. 267-285, 1995.

NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, 11, p. 530-540, 1989.

PIAGET, J. Intelligence and affectivity: their relationship during child development. Califórnia: Palo Alto, 1981.

PETERSON, J. B. The meaning of meaning. Proceedings of the International Conference on Searching for Meaning in the New Millennium, Vancouver, BC, Canada, 2000.

PIETROCOLA, M. Construção e realidade: o papel do conhecimento científico no entendimento do mundo. In: Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. PIETROCOLA, M. (Org.). Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PINHEIRO, T. F. Sentimento de realidade, afetividade e cognição no ensino de ciências. Florianópolis, 2003. Tese de doutorado, UFSC.

PINTRICH, P. R.; MARX, R. W. & BOYLE, R. A. Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63 (2), p. 167-199, 1993.

POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W. & GERTZOG, W.A. Accomodation of a scientific conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66 (2), p. 211-227, 1982.

PFUNDT, H. & DUIT, R. Bibliography student's alternative frameworks and science education. Kiel: Institute for Science Education, 1994.

RICARDO, E. C.; CUSTÓDIO, J. F. & REZENDE JUNIOR, M. F. A Relação didática, os obstáculos à aprendizagem e a teoria dos campos conceituais. II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição, Atas..., Belo Horizonte, 2003. (CD-ROM)

RUNCO, M. A. Creativity and its discontents. In: Creativity and Affect. SHAW, M. P. & RUNCO, M. A. (Eds.). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation, 1994.

SCHACTER, S. & SINGER, J. E. Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychological Review*, 69 (5), 379-399, 1962.

SCHNOTZ, W; VOSNIADOU, S. & CARRETERO, M. New perspectives on conceptual change. New York: Pergamon, 1999.

SCHWITZGEBEL, E. Children's theories and the drive to explain. *Science & Education*, 8 (5), p. 457-488, 1999.

STRIKE, K.A. & POSNER, G. J. A conceptual change view of learning and understanding. In: Cognitive Structure and Conceptual Change. WEST, L. H. T. & PINES, A. L. (Eds.). Orlando: Academic Press, 1985.

STRIKE, K.A. & POSNER, G.J. A Revisionistic theory of conceptual change. In: Philosophy os Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice. DUSCHL, R. A. & HAMILTON (Eds.). Albany (NY): SUNY Press, p.147-176, 1992.

TYSON, L. M.; VENVILLE, G. J.; HARRISON, A. G. & TREAGUST, D. F. A multidimensional framework for interpreting conceptual change events in the classroom. *Science Education*, 81, p. 387-404, 1997.

VERGNAUD, G. Multiplicative conceptual field: what and why? In: The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics. GUERSHON, H. & CONFREY J. (Eds.). NY: State University of New York Press, p. 1994.

VILLANI, A. Conceptual change in science and science education. *Science Education*, 76, p. 223-237, 1992.

VILLANI, A. & CABRAL, T. C. B. Mudança conceitual, subjetividade e psicanálise. *Investigações em Ensino de Ciências*, 2 (1), 1997.

VOSNIADOU, E. Conceptual change research: state of the art and future directions. In: New perspectives on conceptual change. SCHNOTZ, W; VOSNIADOU, S. & CARRETERO, M. (Eds.). New York: Pergamon, 1999.

WEST, L. H. T. & PINES. An interpretation of research in 'conceptual understanding' whitin a source-of-knowledge framework. *Research in Science Education*, 14, p. 47-56, 1984.

WONG, P. T. P. Frustration, exploration, and learning. *Canadian Psychological Review*, 20 (3), p. 133-144, 1979.