

Um Instrumento Pedagógico para Situações de Controvérsia e Conflito Cognitivo

(A pedagogical instrument for situations of controversy and cognitive conflict)

C. E. Laburu e S. M. Arruda

Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina,

Caixa Postal 6001, 86051-970, Londrina, PR, Brasil

e-mail: laburu@npd.uel.br

Recebido 3 de novembro, 1997

Este trabalho faz uma analogia entre os programas de pesquisa de Lakatos e a dinâmica das idéias dos estudantes durante a sala de aula. Esta analogia revelou-se uma maneira produtiva de análise do desenvolvimento dos conceitos dos estudantes durante um processo de discussão. Com as condições de inteligibilidade, plausibilidade e frutibilidade de Posner et al. (1982), pudemos enriquecer a análise baseada previamente nos programas. Mostramos com um exemplo vídeo-gravado durante uma aula que a nossa abordagem pode ser efetivamente usada como um instrumento analítico para ajudar o professor a entender e melhorar o seu processo de ensino-aprendizagem.

This work shows an analogy between Lakatos research programmes and the dynamics of students ideas during a class. This analogy revealed itself a productive manner to analyse the development of students concepts during a discussion process. With the conditions of intelligibility, plausibility and fruitfulness of Posner et al.(1982) we could enrich the analysis previous based in programmes. We show with a example video-recorded during a class that our approach can be used as an effective analytical instrument to help teacher to understand and improve the process of teaching and learning.

Introdução

As pesquisas em ensino-aprendizagem procuram entender como o conhecimento curricular é recebido, apresentado, compartilhado, controlado, mal interpretado, entendido e negociado pelo professor e pelos aprendizes, em sala de aula. Os trabalhos iniciais em mudança conceitual, inspirados numa visão piagetiana, compreendiam a construção do conhecimento como uma atividade essencialmente individual. Sujeito e objeto do conhecimento, em interação, eram os principais ou os mais importantes atores responsáveis pelo processo de transformação cognitiva do indivíduo. Por outro lado, o papel dado às discussões, fomentadas por atividades práticas, era o de incitar a resolução de dilemas ou dissonâncias, levantar e dar ciência dos conhecimentos prévios dos alunos, sugerir idéias e então testá-las; dar os prós e os contras das diferentes visões (Dykstra, 1992; Scott et al. 1992; Rowell & Dawson, 1985; Nussbaum & Novick, 1982), confrontando-as com as científicas, objetivando, com

isso, a reestruturação conceitual, no sentido de vencer o conhecimento prévio que o estudante já trazia para a sala de aula. Contudo, em Chi (1991) já há a preocupação em nos alertar que, nesses trabalhos, as estratégias instrucionais que posicionam a discussão e o debate, como elementos indutores frutíferos de mudança conceitual, devem ser vistas com cautela pois, como afirma Driver (1989), sendo o sujeito o construtor do seu próprio conhecimento, as discussões e, conseqüentemente, o papel do outro nessas discussões, apresentam uma variável cognitiva um tanto quanto indefinida dentro da teoria. Nesse sentido, para ser coerente com a heurística piagetiana do modelo de mudança conceitual, a discussão e o debate levados pelo professor precisam ser entendidos como meros provedores de um ambiente apropriado, no qual o sujeito explora e estende solitariamente a sua concepção da realidade. Ao professor acaba ficando o papel de planejar as atividades básicas e assessorar o progresso cognitivo de seus alunos.

Por outro lado, vindo de encontro a essas idéias, pesquisas mais recentes (por exemplo, Howe, 1996; Driver

et al. 1994; Mortimer, 1994; Solomon, 1994; Edwards e Mercer, 1987), que levam em conta a teoria do desenvolvimento intelectual de Vygotsky, concluem que, durante o processo de construção do conhecimento, a criança não elabora estruturas conceituais mais complexas somente por conta própria, mas a interação social com os 'experts' (professor, livros, alunos, etc.) é um mecanismo de avanço eficiente da aprendizagem individual. Reconhecem que o aprendiz sofre profundas mudanças em seu entendimento pelo seu engajamento em atividades conjuntas e pela conversação com outras pessoas (Edwards e Mercer, 1987 p.19). Por detrás dessa idéia encontra-se a diretriz vygotkiana estabelecendo que a construção individual dos significados se dá junto ao meio ambiente sócio-cultural, e que a mudança cognitiva é feita através da chamada zona de *desenvolvimento proximal*¹ Em consequência, Vygotsky (1978) enfatiza, em sua análise, a intermediação do outro no contato do sujeito com o mundo dos objetos. Em contraste com a linha centrada unicamente no sujeito, pela teoria de Vygotsky o professor pode muito bem conduzir o aprendiz a níveis novos de conversação; a instrução influencia o desenvolvimento não precisando esperá-lo, posição que, de um ponto de vista piagetiano, seria inadmissível (Howe, 1996 p.37). A comunicação em sala de aula estende o conhecimento e o entendimento do aprendiz sobre tópicos que constituem, por exemplo, o currículo. Para que isto ocorra, o aprendiz e o professor precisam mutuamente estabelecer um universo de discurso (Edwards e Mercer, 1987 p.49). Por isso, o debate e a discussão se tornam instrumentos efetivos de aprendizagem e a educação científica é entendida como um processo de comunicação, onde se compartilham gradualmente e cumulativamente contextos mentais e termos de uma totalidade científico-cultural. Deste modo, apesar da internalização do conhecimento ser um processo individual ele é também construtivo, em vez de ser automaticamente determinado pelos eventos externos. O aprendiz não deixa a zona de desenvolvimento proximal isoladamente. Os processos externos, intersujeitos, e os internos, intra-sujeitos, ocorrem simultaneamente e *"novas e mais poderosas estruturas podem ser construídas inters psicologicamente e estas podem interagir com as estruturas lógicas intrapsicológicas da criança a fim de resultar numa mudança cognitiva"* (Edwards e Mercer,

1987 p.68).

Assim, localizado dentro das reflexões anteriores, este trabalho pretende apresentar um instrumento analítico para o professor de ciências da escola secundária empregar durante a sua prática pedagógica. A elaboração deste instrumento, como veremos, sustenta-se na idéia de procurar representar o desenvolvimento dos discursos em sala de aula segundo uma perspectiva epistemológica. Para isso, apropriamo-nos dos conceitos de programas de pesquisa de Lakatos (1978) e das condições de Posner et al. (1982), referentes ao modelo de mudança conceitual. É nossa intenção que o instrumento construído segundo essas bases teóricas sirva para auxiliar o professor na compreensão da dinâmica conceitual das discussões, tanto entre pares (discussão coletiva ou em grupo) como entre professor e aluno(s), no momento em que estas são estimuladas ou provocadas no desenvolver de um conteúdo. No entanto, como a crítica está sempre associada às discussões e aos debates, este trabalho, conseqüentemente, insere-se numa proposta pedagógica que, em conjunto com a perspectiva anterior, valoriza a crítica² como elemento pedagógico (Laburú, 1996). Nesse sentido, uma condição fundamental desta proposta é o estabelecimento, em algum momento do processo de ensino-aprendizagem, de situações polêmicas em sala de aula. Estas situações são caracterizadas por conflitos cognitivos (como, por exemplo, Rowell e Dawson, 1985; Nussbaum e Novick, 1982; Stavy e Berkovitz, 1980), que podem empregar como estratégias um evento discrepante em relação a uma representação cognitiva do sujeito ou, ainda, um conflito entre idéias, valendo-se do conflito entre dois sistemas de representações do sujeito frente a uma mesma realidade (Scott et al., 1992 p. 312). Por outro lado, uma segunda condição também fundamental, e mais geral do que a anterior, é aquela em que questões controversas são levantadas em sala de aula, questões estas que não empregam necessariamente um conflito cognitivo direto. Ou seja, uma situação controversa seria aquela em que idéias, informações, conclusões, teorias ou opiniões de uma pessoa se mostram incompatíveis com as de outra pessoa, quando ambas procuram alcançar um entendimento comum (Johnson e Johnson, 1979; Geddis 1991). Nesse caso, não haveria essencialmente um conflito cognitivo, mas posições antagônicas sendo defendidas.

O instrumento analítico que aqui se apresentará,

¹A zona de desenvolvimento proximal é a diferença entre o nível de dificuldade de um problema que a criança poderia independentemente dar conta e o nível que ela, somente acompanhada com a ajuda de um adulto, poderia conseguir resolver (Vygotsky, 1978).

²A crítica, em conjunto com o processo de debate e discussão, é por nós vista, por um lado, como um importante elemento do processo de pensamento - no que diz respeito a um melhoramento ou crescimento cognitivo (Murray, 1977; Johnson e Johnson, 1979) - e, por outro lado, como um dos principais elementos motivacionais da aprendizagem, condição que parece ser indispensável a qualquer processo de ensino-aprendizagem (Villani, 1992; Strike & Posner, 1992).

portanto, é adequado, basicamente, para a observação desses momentos de conflito cognitivo ou de controvérsia, que frequentemente ocorrem em sala de aula, sempre que se estiver comprometido com um ensino aberto à reflexão e à crítica. Porém, é preciso realçar que a reflexão e a crítica fazem parte da idéia central que compreende a elaboração do conhecimento individual inserido num processo coletivo de construção do conhecimento, onde o professor é parte fundamental desse processo. Assim, é dentro desse contexto que propomos a utilização do nosso instrumento, inclusive, como um dos possíveis avaliadores instrucionais, no caso observacional, do professor.

Antes, porém, de começarmos a apresentação do instrumento faremos uma breve passagem por algumas considerações da teoria epistemológica de Lakatos e da perspectiva de mudança conceitual baseada no conflito cognitivo, responsáveis por subsidiar a forma do instrumento proposto. Em seguida a essa apresentação, daremos um exemplo de como pode ser utilizada essa formalização numa situação real de sala de aula. Por fim, nas conclusões, abordaremos algumas implicações para o ensino, procurando encaminhar um ulterior estudo deste trabalho.

Referenciais Teóricos para a Elaboração do Instrumento Analítico

Nesta seção, apontaremos brevemente as bases teóricas que inspiraram o instrumento analítico por nós construído. Com isso, procuraremos demonstrar as origens teóricas que deram a forma do nosso instrumento como, também, justificar o seu emprego na situação da sala de aula acima descrita. Essa justificativa se dá na medida em que o instrumento analítico aqui construído é uma tentativa de elaboração da metáfora (Villani et al., 1996) que relaciona referenciais teóricos que parametrizam o desenvolvimento científico com a dinâmica intelectual da aprendizagem no ambiente da sala de aula.

As refutações no programa de pesquisa lakatiano

Em suas reflexões sobre o desenvolvimento da ciência, Lakatos propõe que o progresso científico seja encaminhado através do que ele denomina de programas de pesquisa. A competição entre vários programas de pesquisa é uma característica do processo de desenvolvimento científico.

Os programas de pesquisa, em linhas gerais, são diretrizes metodológicas responsáveis pela decisão acerca da construção e modificação das teorias. É neles que as teorias sobrevivem e continuamente se desenvolvem. As teorias não são elementos isolados, mas pertencentes a um determinado programa. Um programa de pesquisa consiste de regras metodológicas que nos dizem quais são os caminhos que devem ser evitados por uma teoria (*heurística negativa*)³ outras nos dizem quais devem ser palmilhados (*heurística positiva*)⁴; Lakatos coloca que as teorias, dentro de um programa de pesquisa, são preservadas das refutações, em razão da existência de cinturões protetores que lhe dão garantia e resguardo. Estando as refutações relacionadas ao mutável cinturão protetor do programa de pesquisa, as anomalias são um fenômeno que, dentro de um programa, é considerado como algo que deve ser explicado em função do mesmo, ou seja, é um desafio para este. Uma razão objetiva para eliminar o núcleo e, conseqüentemente, o programa, é proporcionada por um programa de pesquisa rival quando este suplanta o seu concorrente, demonstrando maior *força heurística*⁵. Contudo, segundo Lakatos, a caracterização de um programa como refutado por um outro rival, não é um processo instantâneo, mas histórico (Lakatos, 1978 p.35). Somente se pode chamar de crucial uma experiência quando se verifica, por uma longa visão retrospectiva, que o programa vitorioso é corroborado pela experiência, enquanto que um rival fracassa em sua explicação. Logo, uma anomalia é assim reconhecida à luz de um programa que a supere, enquanto outros programas concorrentes fracassam em explicá-la. Nesse caso, temos um programa de pesquisa progressivo conduzindo, previamente, um excesso de conteúdo teórico e empírico corroborado, preferencialmente, aos exemplos refutadores, frente a um programa degenerativo “*que deve infalivelmente planejar suas teorias auxiliares na esteira dos fatos, sem antecipar outros*” (Lakatos, 1979 p.217).

Os conflitos no modelo de mudança conceitual

Das pesquisas interessadas no processo de ensino-aprendizagem e que empregam o modelo de mudança conceitual, destaca-se o programa baseado no conflito cognitivo. Esse programa, de início, orientou-se na perspectiva, segundo a qual, para vencer as idéias de senso comum, previamente construídas e trazidas para

³A heurística negativa especifica o “núcleo” do programa, que é irrefutável por decisão metodológica dos seus protagonistas (Lakatos e Musgrave, 1979).

⁴A heurística positiva consiste num conjunto parcialmente articulado de sugestões e palpites sobre como mudar e desenvolver as “variantes refutáveis” do programa e sobre como modificar e sofisticar o cinto de proteção “refutável” (Lakatos e Musgrave, 1979).

⁵A força heurística caracteriza a capacidade de um programa de pesquisa em antecipar teoricamente fatos novos em seu crescimento (Lakatos e Musgrave, 1979).

a sala de aula pelos alunos, era fundamental colocá-las num impasse ou pô-las em conflito com a realidade (Nussbaum & Novick, 1982; Stavy & Berkovitz, 1980). Ou seja, havia a esperança de mostrar aos alunos que as suas idéias de senso comum eram inconsistentes e pouco generalizáveis. No entanto, essa perspectiva viu-se em dificuldades, na medida em que procurou implementar uma prática pedagógica construtivista que se mostrou de fato fundamentada numa visão empirista da natureza da ciência (Matthews, 1992)⁶. Há trabalhos demonstrando que o uso de resultados experimentais (por exemplo, Dawson Rowell & Dawson, 1983) ou de argumentos contrários (por exemplo, Laburú e Carvalho, 1995) por si próprios não induzem necessariamente a uma mudança no comportamento dos estudantes, preferindo estes preservar suas velhas idéias ou interpretar um contra-exemplo, como má interpretação da teoria, preferivelmente a uma refutação desta. Chinn e Brewer (1993) chegam a detalhar uma taxinomia do papel dos dados anômalos nas respostas dos estudantes, colocando que, dentre sete formas de resposta aos dados anômalos, seis protegem a teoria pré-instrucional do aluno.

Diagnosticada a impossibilidade de simples conflitos cognitivos promoverem por si sós uma mudança conceitual satisfatória, a perspectiva baseada nos conflitos compreendeu que a mudança conceitual envolve toda uma reestruturação do conhecimento. E essa reestruturação, no que diz respeito aos níveis fundamentais de instrução, pode vir a ser menos global e mais restrita a um domínio (Vosniadou & Brewer, 1987); mais “*lato sensu*”, onde haveria a exploração das concepções sem atingir metodologias e valores epistêmicos e sem que houvesse o abandono total das concepções alternativas (Villani et al., 1996).

Nesse sentido, o modelo de mudança conceitual, apesar de considerar a importância do conflito em sala de aula, mostrou que há limitações no emprego exclusivo desta estratégia instrucional.

Por final, destaquemos os conceitos de *inteligibilidade*, *plausibilidade e frutificação* de Posner et al.(1982)⁷. Esses conceitos, conjuntamente com os conceito de insatisfação e ecologia conceitual asseguram, segundo os autores, as condições necessárias para uma mudança conceitual

dos aprendizes. Estas condições tomam como base os padrões de mudança conceitual da filosofia da ciência, transferindo-os para os processos de mudança conceitual na aprendizagem.

A Metáfora dos Programas de Pesquisa

Neste trabalho, adotaremos a metáfora (Villani et al., 1996) que relaciona a dinâmica dos programas de pesquisa lakatiano com as idéias dos alunos frente às científicas. Para que essa metáfora se torne conveniente no processo coletivo que caracteriza a instrução de sala de aula, as concepções alternativas dos alunos serão aproximadas por teorias compartilhadas que concorrem, em termos explicativos, com as teorias científicas. Alguns trabalhos asseguram ser válida a correspondência: concepção alternativa como se fosse teoria (Chi, 1991; Carey, 1985; Clement, 1982; Viennot 1979; McCloskey et al.,1980). Para Chi (1991) essa identificação se dá, pelos menos para certos conteúdos, na medida em que determinados critérios são levados em consideração, tais como, consistência através dos estudos e dos conceitos, robustez e resistência frente às idades e à escolaridade e mesmo, ainda, através de períodos históricos. Em Driver et al.(1985) podemos encontrar o termo esquema que também descreve a idéia de “teoria” compartilhada pelos alunos. Esse termo identifica um elemento estável da estrutura cognitiva armazenada na memória, denotando diversas significações que estão nela armazenadas e inter-relacionadas. Para os estudantes, esses esquemas servem para interpretar os fenômenos que eles encontram em suas vidas diárias e que formam um *conhecimento de senso comum* (Edwards e Mercer, 1987). Em sua natureza, esse conhecimento de senso comum difere do conhecimento científico de várias maneiras. Por exemplo, difere nas entidades ontológicas, é tácito e não apresenta regras explícitas, enquanto, por contraste, o conhecimento científico é caracterizado por formulações explícitas das teorias que podem ser comunicadas e investigadas à luz das evidências. Portanto, é nesse sentido que interpretamos o termo “teoria” para as concepções dos alunos, advertindo, contudo, sobre a limitação que o termo “teoria” pode vir a denotar (Lawson, 1988; diSessa, 1988).

⁶Matthews (1994, p.149), criticando essa perspectiva, nega que o conhecimento é apropriado ordenando a realidade. (...) “Os conceitos teóricos não são levantados da experiência imediata, nem ao menos referem-se diretamente a tal experiência” (ibid., p.156).

⁷*Inteligibilidade*: condição na qual o indivíduo compreende a sintaxe, o modo de expressão, o significado, o sentido, os termos e os símbolos utilizados pela nova concepção. Requer, também, construir e identificar representações, imagens e proposições coerentes, internamente consistentes e inter-relacionadas, sem, contudo, acreditar necessariamente que elas sejam verdadeiras. *Plausibilidade*: condição na qual os novos conceitos adotados são, pelo menos, capazes de resolver os problemas gerados pela concepção predecessora. Desta condição resulta, ainda, a relação de consistência dos conceitos aceitos para com outros conhecimentos (*ecologia conceitual*) correlatos, assumidos pelo sujeito. O indivíduo, conseqüentemente, acredita que os novos conceitos são verdadeiros. A plausibilidade de uma idéia pode ser identificada por expressões como as do tipo: é difícil de imaginar...é difícil de pensar... eu poderia imaginar...eu entendo...aquilo faz sentido para mim...aquilo não poderia estar certo...etc. (Hewon & Thorley, 1989). *Frutificação*: condição que abre a possibilidade de que novos conceitos sejam estendidos a outros domínios, revelando novas áreas de questionamento.

Para que a metáfora acima seja completa, propomos o seguinte. Assim como as teorias científicas se estabelecem em programas de pesquisa, as concepções dos alunos serão aqui consideradas, por analogia, fazendo parte de um programa - denominado programa alternativo- em que métodos, conceitos, valores e pressupostos epistemológicos e ontológicos se diferenciam do programa científico que se quer ensinar. É preciso deixar claro que falar em métodos, conceitos, valores e pressupostos epistemológicos e ontológicos para um programa que englobe as concepções alternativas é um abuso de linguagem. As concepções alternativas dos alunos provavelmente se evidenciam pela falta ou inexistência de métodos claros. Quanto aos conceitos, o melhor seria defini-los como concepções e, no que diz respeito aos valores e pressupostos epistemológicos e ontológicos, estes poderiam ser considerados implícitos para a maioria dos aprendizes. Mas, em razão de trabalhos que suportam a tese geral de que os processos de pensamento científico (Brewer & Samarapungavan, 1991; Carey, 1985) ou de resposta aos dados anômalos (Chinn & Brewer, 1993) são similares para os cientistas e as crianças, acreditamos que, na medida do possível, podemos assegurar tal analogia.

O Instrumento Analítico

O instrumento analítico que agora procuramos descrever e aplicar numa situação real de sala de aula parte da idéia, como vimos, de que é possível fazer uma analogia entre o processo de construção do conhecimento científico naquela situação e a dinâmica dos programas de pesquisa de Lakatos.

Propomos que o conhecimento, que vai progressivamente sendo construído durante a instrução em classe, seja observado através de três programas: 1) Programa alternativo (PA), que está relacionado e fundamentado nas concepções alternativas ou de senso comum, conforme argumentamos na seção anterior; 2) Programa transitório (PTr), em que o programa alternativo encontra-se pouco diferenciado do científico, mas que já é possível observar, em maior ou menor medida, tentativas, por parte do aluno, do emprego de conceitos científicos. Em outras palavras, o aluno está com os "pés" nos dois programas. Poderíamos também caracterizar este programa como uma fase transitória, onde o aprendiz procura

apropriar-se do programa científico, conservando, ao mesmo tempo, vínculos com o programa alternativo; 3) Programa científico (PC), em que se articulam, num nível satisfatório pretendido pelo professor, os conceitos e conteúdos curriculares. Ao se estabelecer previamente o conhecimento dos estudantes dessa forma podemos, simultaneamente, localizar cada pensamento ou argumentação individual dos mesmos em um dos três programas.

Imaginada esta classificação, propomos na sequência entender porque, para os alunos, o programa alternativo é defendido ou se mantém com poder argumentativo contrário às posições do programa científico que o professor pretende ensinar. Ou seja, preocupa-nos entender porque o aprendiz, por estar alicerçado em (ou mesmo, pelo contrário, por inexistirem para ele) ontologias, metodologias, valores epistêmicos e conceitos, distintos do programa científico, cria um cinturão protetor a fim de defender o programa alternativo.⁸ Consequentemente, após a classificação nos três programas PA, PTr e PC, valemo-nos dos conceitos de inteligibilidade, plausibilidade e de frutificação de Posner et al. (1982) a fim de compreendermos os motivos e as razões pelas quais uma determinada idéia de um aluno se encontra localizada num determinado programa.

Em síntese, a nossa proposta é a de olhar para dinâmica de construção do conhecimento em sala de aula primeiramente através dos programas PA, PTr e PC. Após classificar os pensamentos individuais numa dessas possibilidades, sugerimos a sua análise e qualificação por meio dos conceitos de Posner et al., para termos condições de entender porque cada pensamento dos alunos se mantém vinculado a um respectivo programa.

Aplicando o Instrumento

Em razão da limitação de espaço apresentamos, como ilustração, um exemplo da aplicação do instrumento analítico sugerido por este trabalho. Contudo, adiantamos que nos foi possível empregar essa análise em diversas situações de sala de aula, onde as variáveis - professor, conteúdo e turma experimentada - foram modificadas, logo, mostrando que o instrumento não está vinculado a uma determinada singularidade de observação⁹

Os dados foram obtidos por meio de filmagens em vídeo na sala de aula. Sempre que num determinado instante

⁸Ao considerarmos que o programa alternativo contém como núcleo a concepção 'temperatura mede a quantidade de calor' estamos realizando uma análise parcial do entendimento dos alunos do problema térmico. Como se pode ver nos trabalhos referidos sobre calor e temperatura, os alunos apresentam um variado conjunto de outras concepções sobre calor e temperatura (por exemplo, calor e temperatura são grandezas indiferenciadas; a temperatura é considerada grandeza extensiva, etc.), que poderiam fazer parte do núcleo deste programa.

⁹É preciso salientar que o caráter geral aqui mencionado estava condicionado às seguintes condições mínimas: 1) O professor era um profissional competente no que se refere ao conteúdo. 2) O professor possibilitava a abertura de espaço para que os alunos levantassem as suas próprias idéias, debatessem-nas e as criticassem, logo, condições compatíveis e coerentes com as determinações assumidas na introdução deste trabalho.

da gravação havia a possibilidade de observar a ocorrência de uma situação conflitiva ou controversa, transcrevíamos os discursos para serem analisados. É importante salientar que as aulas filmadas eram aulas regulares dos cursos em que o processo de ensino-aprendizagem estava normalmente ocorrendo. Anteriormente à aula analisada, já haviam ocorrido duas aulas sobre o mesmo assunto. Na primeira, o professor propôs a realização de uma experiência sobre aquecimento, para mostrar a elevação da temperatura da água em função do tempo e passou um filme didático sobre os conceitos de calor e temperatura. Na última aula e na aula analisada houve também a apresentação da visão científica dos conceitos anteriores.

Em particular, para o exemplo abaixo que será usado como ilustração, os alunos faziam parte do 2^{do} ano da escola secundária, pertenciam a uma escola estadual da cidade de Londrina e estudavam no período noturno. Dos 32 alunos que estavam presentes em sala no dia da filmagem, apenas sete participaram diretamente do debate. Abaixo não apresentamos todos os discursos, mas somente aqueles mais representativos para a nossa exemplificação.

As seguintes convenções são usadas abaixo: A1 100” (deve ser entendida como sendo a fala de um aluno específico, A1, no instante de 100 segundos, a partir de um instante arbitrário do decorrer da aula de 50 min.); P (professor); () entre parênteses colocamos comentários do observador para esclarecimentos.

Situação contextual do momento analisado:

- No intervalo da aula observada, podemos basicamente caracterizar três idéias distintas dos alunos que estão tomando parte nas discussões: uma baseada nas concepções alternativas, uma outra que procura defender posições científicas ensinadas e, ainda, por último, uma que mescla estas últimas. No que diz respeito à primeira idéia, compartilhada por muitos alunos, podemos identificar a concepção alternativa que relaciona a temperatura com a medida da quantidade de calor num objeto. Isto é, a temperatura mede ou representa o nível ou a quantidade de calor (este último, provavelmente concebido como substância, calórico) de um corpo (Erickson, 1980; Duit e Kesidou, 1990). Essa concepção pode ser considerada como fazendo parte do núcleo de um programa alternativo. Pela elaboração de um “cinturão protetor” modificável este “programa alternativo” se protege de possíveis “ameaças” argumentativas ou fatuais levadas a cabo pelo programa científico rival pretendido pelo professor. Vejamos como dentro de uma situação polêmica criada pelo professor existem alunos que defendem o programa alternativo,

outros que começam a empregar os conceitos do programa científico (programa transitório), mesclando-os com os do programa anterior, e alunos que já defendem o programa científico.

- A situação observada inicia-se com o professor procurando convencer os seus alunos que a idéia expressa por alguns deles - de que a temperatura é uma medida da quantidade de calor

- não se justifica pelas evidências (da aula experimental que tratou do aquecimento da água e constatou o fenômeno de ebulição dos líquidos). Para isso, retoma a explicação do fenômeno da mudança de estado, observada no laboratório, que deveria contrariar tal posição, afirmando que, para o caso da ebulição da água, apesar desta receber cada vez mais calor de uma fonte externa, não há a verificação da variação de temperatura. Vejamos, então, como é factível localizar os discursos dos alunos num dos programas PA, PTr ou PC.

PROGRAMA ALTERNATIVO

(P 00”...Eu queria saber se vocês têm alguma idéia da diferença entre calor e temperatura...).

A1 15” - A temperatura seria a quantidade de calor...quanta caloria tem nos objetos quentes.

A1 45” - Calor é o quanto se põe de quentura na água. A temperatura mede o quanto está quente.

(P 75”...Durante a fervura a temperatura da água fica constante como alguns de vocês falaram também. Ela não sobe mais enquanto ela está fervendo, muita gente falou isso. Então eu vou fazer a seguinte pergunta. Se a temperatura da água não está mudando, mas o fogo continua fornecendo calor, como é que a temperatura pode ser a mesma?).

A4 90” - Pode ser que o termômetro não tava muito bom (explicação dada para explicar o resultado obtido da temperatura constante quando da experiência de ebulição e que é prontamente negada pelo professor)... Se você aquece tem que aumentar a temperatura cada vez mais. Como a temperatura fica constante se tá havendo caloria? A explicação então só pode ser que a caloria perde pelo vidro (recipiente para aquecer a água), por isso fica assim constante.

A1 166” - Não será porque o dia tá muito frio e tá perdendo muito calor para fora (idem primeira observação de A4).

A6 180” - Depende da capacidade do fogo. (230) - Porque ela (a temperatura) se restringe à capacidade do fogo, no caso desse determinado fogo (idem primeira observação A4).

A3 610” - Eu vou falar uma besteira, mas eu vou falar. Eu estava fazendo chocolate quente aí, tava fazendo numa temperatura, assim não muito quente, aí, depois aumentei (o fogo). Quando você (professor) falou que vai sair o vapor ficando uma temperatura..., não, aumentou a temperatura. Você percebia que...(ficava mais quente, maior temperatura).

A20 630” - Tem aquele papo também que a gente está fervendo alguma coisa. Daí o fogo tá normal, se você aumenta começa a ferver mais rápido. Agora, eu não sei se é a temperatura que aumenta ou se é as moléculas que se agitam mais rápido.

PROGRAMA TRANSITÓRIO

A8 320” - Como a água ferve a 100 e eu coloco além da temperatura o excesso de temperatura evapora (o vapor leva consigo a temperatura acima de 100 graus).

A9 349” - Professor, conforme existe esse calor na chaleira, assim como no ouro e na prata as moléculas estavam evaporando (cena do filme didático apresentado para os alunos durante a aula); na água a tendência também é aumentar mais a temperatura, cada vez mais. Mas, como acontece na evaporação, origina um equilíbrio, porque dá com a água que vai dentro do recipiente. Daí, fica uma coisa equilibrada, aí dá a impressão que é uma temperatura fixa, 100 graus. Mas, na verdade, está havendo calor, cada vez mais calor. Eu acho que conforme entra calor, a temperatura aumenta. Mas, como ocorre a evaporação existe um equilíbrio entre evaporação e a água...

A1 910” - Só para completar aquela explicação da aluna. Eu acho que é o seguinte. Depois que a água passa dos 100 graus ela se torna vapor, então toda a água que está dentro da chaleira líquida, ela está nos 100 graus (apesar do fornecimento de calor). Porque no momento que ela passa dos 100 graus ela se torna vapor. Então, só pode ter dentro da chaleira água até os 100 graus. Por isso que não passa dos 100 graus dentro da chaleira.

PROGRAMA CIENTÍFICO

A6 385” - O excesso de calor sai junto com a evaporação. E aí fica contínuo os 100 graus e o que é excesso vai para formar o vapor.

A3 1005” - A idéia deles acho que não está certa (dos alunos que defendem PA). A temperatura nem sempre aumenta, a temperatura quando tem mudança de estado, ela não aumenta! A gente coloca calor e não aumenta a agitação delas (as moléculas da água). O calor só serve para fazer mais vapor, mas a temperatura não muda, a agitação das moléculas fica igual...calor é energia em trânsito, não é professor?...então isto mostra que a temperatura eu acho que não mede, não pode medir o calor. A temperatura da mudança de estado depende da pressão externa. Na montanha a água ferve numa temperatura menor, precisa de menos calor pra aquecer, evaporar, na panela de pressão a água cozinha numa temperatura maior...

A9 1200” - Professor, é como o senhor falou. Tem substância que pesa igualzinha (mesma massa) a outra mas chega numa temperatura mais rápida. Outra substância chega nessa temperatura mas tem que botar muito mais fogo, calor maior para chegar na mesma variação de temperatura... A temperatura não mede a quantidade de calor. Calor é energia que passa de um corpo para outro. A temperatura só mede a energia de agitação (das moléculas).

A10 1380” Eu concordo (com A9 1200”). Se as moléculas são mais pesadas (maior massa) ou diferentes, sei lá, elas precisam de mais calor para chegar na mesma temperatura. A molécula de água é diferente da do vapor, não é professor? Pra evaporar precisa quebrar ligações, assim ela fica solta no vapor. O vapor e a água ficam com a mesma temperatura e o calor só serve pra quebrar, afastar elas (as ligações intermoleculares da fase líquida).

A Análise dos Programas

Após classificar os discursos dos alunos em programas, procuremos entender porque o programa alternativo cria um

cinturão protetor de hipóteses ou explicações auxiliares para conservar o seu núcleo irrefutável. A fim de entender essa questão, sugerimos que se faça uma análise, valendo-se dos conceitos de Posner et al. (1982), acima mencionados.

Inicialmente, podemos ver que o programa alternativo mantém, através da concepção ‘temperatura como medida do calor’¹⁰, uma inteligibilidade coerente com a realidade vista do ponto de vista do senso comum. Ou seja, esse programa, com a sintaxe que lhe é própria, - ‘temperatura como a medida da quantidade de calor’- interpreta e representa de forma satisfatória algumas situações ou fenômenos diários. A possível refutação que deveria provocar o fenômeno da ebulição é neutralizada pela elaboração de hipóteses auxiliares - o termômetro pode estar com defeito, o dia está frio e há perda de calor (ou talvez de temperatura) para o ambiente, ou a fonte de calor é fraca - que protegem o programa alternativo. Por outro lado, podemos notar que esse programa se mostra frutífero, pois, segundo A3 610”, a sua observação do aquecimento do chocolate parece ser um exemplo de uma situação que se encontra de acordo com a idéia assegurada por esse programa. Por fim, vemos que o programa alternativo é plausível, do ponto de vista dos alunos que o defendem, pois expressões como as de A3 610” ‘*Eu vou falar uma besteira, mas eu vou falar*’, expressão que reflete uma atitude de não confrontar o professor, porém que não está convencido(a) por este, ou a expressão do mesmo aluno/aluna, ‘*você percebia que*, ou ainda, de A20 630” ‘*Agora eu não sei se ...*’, são indicadoras de que o programa alternativo é, ainda, mais plausível para eles do que o científico.

Quanto ao programa transitório, é possível entendê-lo como havendo um esforço por parte dos alunos em articular os novos termos e explicações (condição de inteligibilidade) e fatos relativos ao programa científico em que, porém, permanecem ainda muitas idéias do programa alternativo em menor ou maior grau. Por exemplo, vê-se que A8 320” já aceita a estabilização da temperatura na ebulição da água que deveria violar a idéia ‘temperatura mede a quantidade de calor’. Mas, por outro lado, o mesmo A8 procura compatibilizar essa última idéia central do programa PA, acomodando-a ao novo resultado, quando afirma que o excesso de temperatura evapora com o vapor, dando a sugestão de poder representar o excedente de calor que sai com o vapor pela medida da temperatura (ou seja, conserva a concepção ‘temperatura mede a quantidade de calor’). Logo, as concepções do programa anterior continuam muito presentes. Nessa mesma direção, pode-se compreender a

¹⁰Que não é a única concepção que os alunos trazem para a sala de aula, como vimos. Ver nota anterior.

fala de A9 349". Este aluno/aluna não está totalmente convencido do programa científico (este não lhe é plausível) e, conseqüentemente, se posiciona com idéias pertencentes a PA e PC, simultaneamente. A9 349" acha que há equilíbrio entre a temperatura da fase líquida e vapor, mas afirma, por outro lado, que essa temperatura equilibrada é somente *'...impressão... Mas na verdade..'* (condição de plausibilidade do programa PA) está havendo cada vez mais calor e, conforme se fornece mais calor, a temperatura também deveria aumentar (inteligibilidade do programa PA). O raciocínio de A1 910" é semelhante. Concordando com A9 349", ele/ela afirma que a temperatura da água não passa dos 100 graus, pois, quando passar desse valor, a água vira vapor. Desse jeito, A1 910" procura articular as idéias do programa PC mas, por manter vínculos com o programa PA, visto que está concordando com A9 349", tenta conciliar as idéias dos dois programas.

Da mesma forma, ao se aplicar tal análise para o programa científico, constata-se que a inteligibilidade do programa PC começa a surgir na medida em que os alunos expressam e articulam os conceitos científicos de forma procedente e coerente, tais como: conceitos de calor, como energia em trânsito; temperatura, como conceito de agitação, de energia de agitação ou de velocidade das moléculas de água. Também se observa que o núcleo do programa PA já não é defendido; pelo contrário, é negado, como exemplifica A3 1005": *..."eu acho que não mede (a temperatura), não pode medir o calor'*. É possível identificar que o programa PC começa a se tornar plausível para A3 1005", para A9 1200" e A10 1380", pois aparecem expressões do tipo *'A idéia deles acho que não está certa... Então isto mostra...eu acho que...'*, *'Professor, é como senhor falou'*, *'Eu concordo'*, ou expressões categóricas *'ela (a temperatura) não aumenta!'*. Quanto a ser frutífero, esse programa já consegue mostrar evidência nesse sentido em alguns sujeitos, como o demonstra o aluno/aluna A3 1005, quando abre a possibilidade de aplicar os novos conceitos a novos domínios; por exemplo, quando declara o que acontece com o aquecimento da água na montanha e na panela.

Considerações finais e Implicações para o Ensino

Ao tomar por base a analogia com os programas de pesquisa de Lakatos, este trabalho procurou apresentar um instrumento analítico que deve auxiliar o professor a compreender melhor o processo de elaboração do pensamento dos seus alunos durante a sua praxe de sala de aula. O emprego deste instrumento é adequado às situações de discussão em que ocorrem idéias controversas

ou conflituosas. Vimos que a dinâmica dos pensamentos dos alunos em sala de aula pôde ser convenientemente representada por essa analogia. Ao caracterizarmos, assim, a dinâmica desses pensamentos em programas, conseguimos também obter um enriquecimento e aprofundamento da análise dos mesmos, na medida em que aplicamos como critério as condições de plausibilidade, inteligibilidade e frutificação de Posner et al.(1982), para examinar as concepções e conceitos dos alunos e a articulação e comprometimento destas condições com os programas.

Embora tenhamos colocado os pensamentos dos alunos na forma de programas e utilizado uma análise baseada nas condições de Posner et al. devemos deixar claro que não se está defendendo a visão tradicional de mudança conceitual fundamentada exclusivamente nos conflitos cognitivos que, inclusive, estaria em contradição com a proposta vygotskiana tratada na introdução, e com a própria proposta de programas de pesquisas de Lakatos. Contudo, acreditamos que o emprego de situações de conflito e controvérsia são instrumentos cognitivos de relevância pedagógica e que, conseqüentemente, não devem estar descartados do complexo processo de ensino-aprendizagem (Laburú, 1996).

Como uma analogia tem um caráter de aproximação, a comparação com os programas de pesquisa lakatiano é enfraquecida na medida em que estes alicerçam-se em decisões metodológicas dos seus protagonistas, enquanto que a idéia de programas para observação dos pensamentos dos alunos deve ser encarada, como vimos anteriormente, no sentido de uma mudança conceitual 'lato sensu' em que, para a escola secundária, a mudança envolveria somente exploração das concepções, sem necessariamente atingir métodos ou valores epistêmicos, e sem que haja o abandono total do uso das concepções alternativas (Villani et al., 1996; Mortimer, 1994). Ainda dentro destas aproximações, a analogia é parcial, pois os programas de pesquisa são diretrizes metodológicas responsáveis pelo progressivo desenvolvimento de teorias, o que não podemos dizer o mesmo dos nossos PA, PTr e PC. Em contraste com os programas de pesquisa, as concepções alternativas nos PAs, como se pode constatar na literatura, mantêm-se inalteradas no tempo, como vimos anteriormente em Chi (1991). Para o caso dos PCs, algo semelhante acontece. Para a grande maioria dos estudantes secundaristas o contato com os conceitos científicos acaba sendo restrito. Não há um contínuo investimento no programa científico, no sentido de desenvolvê-lo ou aprimorá-lo, e o que resulta desses contatos, muitas vezes, é um conhecimento estático, fragmentado e parcial, quando não esquecido ou

abandonado em favor das concepções alternativas. Um outro ponto importante que demonstra o caráter limitado da nossa analogia é aquele envolvido com os objetivos do cientista e do aprendiz. Enquanto o primeiro está preocupado com o aprimoramento de ideais explicativos e profissionais, o aprendiz secundarista geralmente direciona os seus interesses para a obtenção do diploma ou para a aprovação nos exames. Villani et al.(1996) sugerem que ao professor deve caber o esforço de conjugar esses últimos objetivos dos alunos com o seu interesse de ver executadas satisfatoriamente as tarefas escolares e, na nossa maneira de entender, sofrem um processo gradual de mudança conceitual no sentido de aumentarem a sua habilidade na articulação do programa PC.

Por outro lado, acreditamos que a analogia com os programas de pesquisa tem dois sentidos fortes. O primeiro, em relação à idéia de heurística positiva. Esta auxilia (o professor) a entender as razões, que aparentemente fazem parte de um natural processo de pensamento, da elaboração de criativas reflexões que digerem as objeções do programa científico pretendido pelo professor, conservando, com isso, as representações dadas pelas concepções alternativas. O segundo sentido, é aquele que se refere à heurística negativa. Através desta, o professor tem a possibilidade de qualificar quais elementos da 'ecologia conceitual' (Posner et al. 1982) dos alunos são responsáveis pela inerente ontologia, crenças metafísicas, valores e compromissos epistemológicos do programa PA, que resultam em recalitrâncias à aceitação do programa PC.

A partir das considerações anteriores, fica clara a necessidade de haver a ponderação de que a passagem para o programa científico é um processo gradual de muitas idas e vindas. É necessário tempo para que o aprendiz consiga usar, aceitar e interpretar os novos conceitos e os novos fenômenos. O significado de mudança conceitual ultrapassa a idéia de simples mudança de conceitos em que as concepções alternativas são definitivamente abandonadas pelo aprendiz por um simples argumento contrário ou por uma situação empírica conflitual; aqui as idéias vygostkyanas da introdução deste trabalho devem se fazer presentes. Strike e Posner (1992), revendo as suas posições no trabalho de Posner et al. (1982), colocam, ademais, que o processo de mudança conceitual não tem o caráter estritamente racional como lhe é confiada pela analogia com a filosofia da ciência. As variáveis motivacionais influenciam nesse processo. E por constatarem ainda que as concepções prévias não são claramente articuladas, expressas ou formuladas simbolicamente pelos alunos, não pretendemos deixar a impressão de que a mudança, através

dos programas, é um processo linear, que vai continuamente ocorrendo. Pelo contrário, é provável que em outras ocasiões, inclusive de aprendizagem, o aprendiz volte a aplicar as idéias do programa alternativo em função de uma dificuldade encontrada para aplicar ou entender os conceitos científicos num contexto diferenciado.

O instrumento analítico apresentado é coerente com a proposta vygostkyana de mudança conceitual, podendo ser trabalhado junto com a mesma, pois as bases iniciais para a expansão em direção ao conhecimento científico são as concepções de senso comum do dia a dia e o emprego dessa linguagem é uma ferramenta para que se efetive a construção do conhecimento sistemático. Ainda, para essa proposta, a instrução não é uma atividade de mão única, mas uma colaboração verdadeira entre o professor e o aluno, em que o primeiro fornece informações, guia, direciona e encoraja a atividade do segundo em direção a uma maestria competente do vocabulário científico.

O instrumento aqui proposto, apesar de ser mais adequado às ocasiões de conflito ou controvérsias, como já o afirmamos anteriormente, pode também vir a ser empregado fora desses momentos, quando dúvidas ou perguntas dos alunos, ou do professor a estes últimos, surjam no decorrer da aula. Todavia, nessa situação, como na anterior, é necessário que o professor saiba o contexto do pensamento dos alunos no decorrer da aprendizagem. Da mesma forma, fica evidente que o professor, preparado para previamente conhecer os prováveis núcleos do programa alternativo dos alunos, estará numa condição mais favorável para enfrentar as nuanças do cinturão protetor do programa alternativo e, conseqüentemente, estará encaminhando um processo mais efetivo de ensino-aprendizagem do programa científico, em relação aos seus alunos.

Assim como os programas de pesquisa competem entre si, acreditamos ser um estímulo e acima de tudo um desafio pedagógico para o professor encarar o programa científico como estando envolvido num processo competitivo com o rival programa alternativo.

Por final, a partir deste trabalho, seria produtivo conduzir investigações que, primeiramente, identificassem quais elementos da ecologia conceitual, responsáveis pela heurística negativa do programa alternativo, impedem a transição satisfatória para o programa científico. Em seguida, partindo dos conhecidos motivos que levam um aluno a permanecer firmemente ligado a um programa alternativo, é preciso que se esclareça também como se processa a transferência desse aprendiz para o programa científico e em que medida os métodos de instrução empregados, as características do professor e a influência

e os interesses dos próprios alunos afetam de maneira significativa esse processo.

Referências

- BREWER, W. F. & SAMARAPUNGAN, A. (1991). Children's, theories vs. scientific theories: Differences in reasoning or differences in knowledge? In R. R. Hoffman & D. S. Palermo (Eds.), *Cognition and symbolic process: Applied and ecological perspectives* (pp. 209-232). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- CAREY, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- CLEMENT, J. (1982). Student's preconceptions in introductory physics. *American Journal of Physics*, **50**: 66-71.
- CHI, M. T. H. (1991). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science, in R. Giere (ed.), *Cognitive Models of Science: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, University of Minnesota Press, Minnesota.
- CHINN, C. A. & BREWER, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, **63**, 1, 1-49.
- diSESSA, A. (1988). Knowledge in pieces. In: G. Forman and P.B. Pufall (eds.), *Constructivism in the Computer Age*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 49-70.
- DRIVER, R. (1989). *Student's conceptions and the learning of science*. *Int. J. Sci. Educ.*, VII, especial issue: 481-490
- DRIVER, R., HILARY, A. LEACH, J., MORTIMER, E., & SCOTT, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, **23**, 7:5-12.
- DUIT, R. & KESIDOU, S. (1990). Students' conceptions of basic ideas of the second law of thermodynamics. Paper presented at the Annual NARST Meeting in Atlanta.
- DYKSTRA, D. I. (1992). Studying conceptual change: constructing new understandings. In: *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop Held at the University of Bremen*, march 4-8, 1991. Duit, R. et al. (Eds), 40- 58.
- EDWARDS, D., & MERCER, N. (1987). *Common Knowledge. The development of understanding in the classroom*, Routledge. London and New York, 193p.
- ERICKSON, G. L. (1980). Children's view point of heat: a second look. *Science Education*. N.Y. **64**: 323-338.
- GEDDIS, A. N. (1991). Improving the quality of science classroom discourse on controversial issues. *Sci. Educ.*, **75**(2): 169-183.
- HEWON, P. W. & THORLEY, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*. VII, Special Issue: 541-553.
- HOWE, A. C. (1996). Development of science concepts within a Vygotskian framework. *Science Education*, **80**(1): 35-51.
- JOHNSON, D. & JOHNSON, R. T. (1979). Conflict in the classroom: controversy and learning. *Review of Educ. Research*. **V49**, 1: 51-70.
- LABURÚ, C. E. (1996). La crítica en la enseñanza de las ciencias: constructivismo y contradicción. *Enseñanza de las Ciencias*, **14** (1): 93-101.
- LABURÚ, C. E. & CARVALHO, A. M. P. (1995). Uma descrição da forma do pensamento dos alunos em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **V17**, 3, setembro, 243-254,1995.
- LAKATOS, I (1978). *The methodology of scientific research programmes*. Philosophical Papers Volume 1. Cambridge University Press, 250p.
- LAKATOS, I. & MUSGRAVE, A. (1979). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo. Editora Cultrix, p.343.
- LAWSON, A. E. (1988). The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa? *Journal of Research in Science Teaching*, **25**: 185-199.
- McCLOSKEY, M., CARAMAZZA, A. & GREEN, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: naive beliefs about the motion of objects. *Science*, **210**: 1139-1141.
- MATTHEWS, M. R. (1992). Constructivism and empiricism: An incomplete divorce. *Research in Science Education*, **22**: 299-307.
- MATTHEWS, M. R. (1994). *Science teaching. The Role of history and philosophy of science*. Philosophy of Education. Research Library. Routledge. Cortez Editor. New York, N. Y.
- MORTIMER, F. E. (1994). Conceptual change or conceptual profile? *Science & Education*. **4**(3): 267-285.
- MURRAY, F. B. ET AL. (1977). Acquisition of conservation through cognitive dissonance. *J. of Educ. Psychology*, **69**:519-527.
- NUSSBAUM, J. & NOVICK, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science* **11**:183-200.
- PIAGET, J. (1977). *O desenvolvimento do pensamento - equilíbrio das estruturas cognitivas*. Lisboa. Publicações Dom Quixote. 228p.
- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982) Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Sci. Educ.*, New York **66**(2): 221-227.
- ROWELL, J. A. & DAWSON, C. J. (1983). Laboratory counterexamples and the growth of understanding in science. *European Journal of Science Education*, **5**(2):203-215.
- ROWELL, J. A. & DAWSON, C. J. (1985). Equilibration, conflict and instruction: A new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education*, **4**(4):331-344.
- SCOTT, P., H., ASOKO, H., M. & DRIVER, R., H. (1992). Teaching for conceptual change: a review of strategies. In: *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop Held at the University of Bremen*, march 4-8, 1991. Duit, R. et al. (Eds), 310- 329.

- SOLOMON, J. (1994). The rise and fall of constructivism. *Studies in Science Education*, **23**:1-49.
- STAVY, R. & BERKOVITZ, B. (1980). Cognitive conflict as basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature. *Science Education* **64**: 679-692.
- STRIKE, K. A. and POSNER, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. In: Duschl, R. and Halmilton, R. (eds). *Philosophy of Science and Educational Theory and Practice*. Albany, NY, SONY Press, 147-176.
- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, **1**: 205-221.
- VILLANI, A., (1992). Conceptual change in science and science education. *Science Education*, **76**(2):233-237.
- VILLANI, A., BAROLLI, E. CABRAL, T. C. B., FAGUNDES, M. B. & YAMAZAKI, S. C. (1996). Filosofia da ciência, história da ciência e psicanálise: analogias para o ensino de ciências. *A ser publicado em Cadernos Catarinense de Ensino de Física*.
- VOSNIADOU, S. & BREWER, W.F. (1992). Mental models of earth: a study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, **24**:535-585.
- VYGOTSKY, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. London: Harvard University Press.