

A METÁFORA DOS PROGRAMAS DE PESQUISA DE LAKATOS NUMA SITUAÇÃO DE CINEMÁTICA ANGULAR♦

Osmar Henrique Moura da Silva^a [osmarh@uel.br]

Carlos Eduardo Laburú^b [laburu@uel.br]

^a Mestrando do Departamento de Educação, Universidade Estadual de Londrina, CP 6001, 86051-970, Londrina, PR, Brasil.

^b Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, CP 6001, 86051-970, Londrina, PR, Brasil.

Introdução

Este trabalho faz parte da linha de investigação, em aprendizagem, que explora analogias epistemológicas (Villani et al., 1997) para interpretar o encaminhamento e o desenvolvimento do pensamento dos alunos. Mais particularmente, estamos interessados em momentos de instrução onde são incentivadas estratégias pedagógicas de conflito cognitivo (Scott et al., 1991, p. 312; Hewson, 1990; Rowell & Dawson, 1985; Nussbaum & Novick, 1982; Stavy & Berkovitz, 1980) ou controvérsia (Johnson & Johnson, 1979; Geddis, 1991).

Em essência, o trabalho propõe, inicialmente, utilizar uma leitura dos programas de pesquisa de Lakatos (Lakatos, 1992) para analisar raciocínios de estudantes, quando fundamentalmente ocorrerem aqueles momentos. Em seguida, auxiliados pelas condições de Posner et al. (1982), que parametrizam uma mudança conceitual, realizaremos uma análise mais pormenorizada do porquê dos pensamentos dos alunos ficarem situados nessa leitura.

Em outra oportunidade (Laburú et al., 1998), demonstramos a aplicação das idéias aqui expostas sobre os conceitos de calor e temperatura. Dando continuidade a esse trabalho, mas tendo como objetivo mostrar o caráter geral da proposta, reaplicamos a análise previamente realizada, modificando a turma, o colégio, o professor(a) e o conteúdo de física. Uma outra diferença fundamental entre os trabalhos, é a estratégia metodológica de sala de aula empregada. Enquanto no primeiro trabalho houve um processo dialógico entre a classe, como um todo, e o professor, em que uma atitude mais maiêutica deste último estava posta, agora, os alunos foram reunidos em pequenos grupos e deixados a discutir livremente, tendo o professor participado pouco do processo, no instante analisado.

Na literatura consegue-se constatar que a epistemologia de Lakatos é empregada por alguns autores como estrutura básica para interpretar variadas pesquisas em educação científica. Por exemplo, podemos encontrá-la auxiliando a análise comparativa entre os programas piagetianos e os das concepções alternativas (Niaz 1998a; 1993; Gilbert & Swift, 1985) ou sendo usada para justificar estratégias didáticas que não partem do confronto cognitivo direto (Rowell, 1989). Recentemente, Blanco e Niaz (1998) apresentaram um estudo em que demonstram ser produtivo reconstruir o entendimento de estudantes e professores sobre a estrutura do átomo, empregando a idéia dos programas de pesquisa de Lakatos (ibid., p.330). Estratégias de ensino baseadas em Lakatos são igualmente aproveitadas com o objetivo de facilitar mudanças conceituais, quando tratam de compreender o entendimento conceitual de estudantes de terceiro grau (Niaz, 1998). Mais ultimamente, as idéias de Lakatos vêm sendo usadas como referencial para analisar livros textos de química (Niaz, 2000 a e b).

Diversamente das referências anteriores, o nosso trabalho, como dissemos, está centrado no aspecto cognitivo relacionado ao conflito e controvérsia e vale lembrar que, nesse

♦ APOIO: Fundação Araucária.

sentido, há vários estudos também que demonstram essa preocupação. Vê-se, por eles, que o uso de resultados experimentais (por exemplo, Shepardson & Moje, 1999; Ohlsson, 1999; Rowell & Dawson, 1983) ou de argumentos contrários (por exemplo, Laburú & Carvalho, 1995), por si próprios, não induzem necessariamente a uma mudança no comportamento conceitual dos estudantes, preferindo estes preservar suas velhas idéias ou interpretar um contra-exemplo como má interpretação da teoria, preferivelmente a uma refutação desta. Em Chinn e Brewer (1998) chega-se a detalhar uma taxinomia do papel dos dados anômalos nas respostas dos estudantes, onde se coloca que dentre oito formas de resposta aos dados anômalos, sete protegem a teoria pré-instrucional do aluno. Em outra investigação desses mesmos autores (Chinn & Brewer, 1993), há uma pormenorizada explicação das condições que conduzem o estudante a fornecer diferentes respostas aos dados anômalos.

No que nos interessa, a opção de trabalhar com o referencial lakatiano e de Posner et al. (1982) é uma alternativa à primeira abordagem de Chinn e Brewer, mencionada. Além de diferenças metodológicas essenciais, o nosso maior interesse está em entender as razões que levam os sujeitos a resistirem ao ensino oficial, em muitos momentos do processo de ensino-aprendizagem, do que em padronizar as respostas dos alunos numa taxinomia, principal preocupação da pesquisa de Chinn & Brewer (1998). Acreditamos que a nossa proposta, além de fornecer um referencial mais simplificado e de tratar de forma mais global e sintética as análises destes últimos, inclusive, abrangendo-as, também é mais prática, no que se refere à sua aplicação no ambiente extremamente dinâmico, que é o da sala de aula. Ademais, nas investigações de Chinn e Brewer há uma especial preocupação com as reações cognitivas, frente aos dados anômalos, enquanto o nosso objetivo é mais diverso: primeiramente, temos a preocupação de avaliar discursos em oposição, frente a uma situação que, apesar de controversa e polêmica, pode não se caracterizar, necessariamente, do ponto de vista dos protagonistas analisados, como um dado anômalo frente a uma teoria com sentido de geração de conflito cognitivo. Segundo, o nosso referencial analítico cogita ser um instrumento de apoio à avaliação do rumo instrucional “in loco”, portanto, almejando ser auxiliador instantâneo da aprendizagem, na medida em que pretende entender as dificuldades envolvidas com esta última.

Referenciais teóricos

Como comentamos, são dois os referenciais teóricos que utilizamos para organizar e entender o pensamento dos alunos: os programas de pesquisa de Lakatos e o modelo de mudança conceitual, que toma por base as condições de Posner et al. (1982). A seguir, resumamos os principais conceitos selecionados com estes referenciais que citaremos à frente.

Os programas de pesquisa

No entendimento de Lakatos, o desenvolvimento das teorias científicas costuma estar ligado por notável continuidade, visto que uma série de teorias encontram-se interligadas no que ele denomina *programas de pesquisa* (Lakatos 1992, p. 47). Na sua concepção, as teorias não são elementos isolados, mas pertencentes a um determinado programa de pesquisa. É nele que as teorias sobrevivem e continuamente evoluem. A natureza destes programas caracteriza-se por apresentar diretrizes metodológicas, que são responsáveis pela decisão acerca da construção e modificação das teorias. Tais diretrizes orientam, de um lado, os caminhos a serem evitados na elaboração de uma teoria e, nesse sentido, Lakatos identifica uma diretriz que ele denomina de *heurística negativa* (Lakatos & Musgrave 1979, p. 163). Esta heurística especifica o “núcleo” do programa, considerado irrefutável por decisão

metodológica dos seus protagonistas¹. Por outro lado, concomitantemente à heurística negativa, os programas de pesquisa notabilizam-se pela existência de uma outra diretriz, a chamada *heurística positiva* (Lakatos, 1992, p. 49). Esta, por sua vez, consiste de um conjunto parcialmente articulado de sugestões e palpites sobre como mudar e desenvolver as variantes refutáveis do programa de pesquisa, na medida em que procura especificar os caminhos a serem perseguidos pelas teorias. Neste caso, os cientistas constroem uma cadeia de modelos cada vez mais elaborados, a fim de simular a realidade, ao mesmo tempo em que passam a ignorar os contra-exemplos que vão surgindo, chegando, em alguns casos, durante a construção teórica dos modelos, a antecipá-los. Isto, de uma certa maneira, mostra existir a conscientização, por parte dos proponentes das teorias, de que estas últimas são limitadas e dependentes do estágio de seu desenvolvimento, quando se trata de conseguir resolver todas as refutações. A heurística positiva do programa procura, assim, salvaguardar o cientista de ficar sem rumo num oceano de anomalias. Portanto, os programas de pesquisa criam, ajudados pelo artifício da heurística positiva, um mutável cinturão protetor de hipóteses auxiliares, que procura deixar o núcleo do programa inviolável, frente às refutações. Então, por estarem as refutações relacionadas ao 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. É somente quando a força diretiva da heurística positiva enfraquece, que se pode dar maior atenção para as anomalias (ibid., p. 111).

Uma razão objetiva para eliminar um núcleo e, conseqüentemente, o programa, é proporcionada por um - ou mais de um - programa de pesquisa rival que suplanta o seu concorrente, ao demonstrar maior *força heurística*². Porém, para Lakatos, a caracterização de um programa como refutado por um rival não é um processo instantâneo, mas histórico (Lakatos 1992, p. 35). Uma experiência somente é chamada de crucial quando se verifica, por uma longa visão retrospectiva, que o programa vitorioso vem sendo corroborado pela experiência, enquanto que o rival vem fracassando em sua explicação. Portanto, uma anomalia é assim reconhecida à luz de um programa que a supere, enquanto outros programas concorrentes fracassam em explicá-la. Neste caso, temos um *programa de pesquisa progressivo*, que conduz a um crescente excesso de conteúdo teórico, por antecipação ao crescimento empírico, vindo a alcançar êxito na previsão de fatos novos, preferencialmente aos exemplos refutadores, em contraste com um *programa degenerativo* “que deve infalivelmente planejar suas teorias auxiliares na esteira dos fatos, sem antecipar outros” (Lakatos & Musgrave 1979, p.217).

As condições para uma mudança conceitual

Dentro do programa de pesquisa construtivista desenvolveu-se, na década de oitenta, um modelo pedagógico denominado Mudança Conceitual, cuja inspiração teve por base a filosofia da ciência. Por esse modelo, a dimensão cognitiva das mudanças necessárias à reestruturação conceitual do aprendiz, envolvida durante a construção da representação

¹ Como veremos, no que se refere às crianças, Linn (1986) afirma que elas constroem entendimentos em torno de idéias que são resistentes a mudanças e idéias periféricas mais facilmente modificadas com a descoberta de novos dados e informações. Chinn & Brewer (1993, p. 78) dizem que as idéias nucleares das crianças, provêm uma estrutura na qual elas interpretam e avaliam novos dados e/ou informações como sendo anômalos, ou para suportar suas compreensões.

² A força heurística caracteriza a capacidade de um programa de pesquisa em antecipar teoricamente fatos novos em seu crescimento (Lakatos & Musgrave 1979, p.191). Ressaltamos que, para Lakatos, um fato novo não precisa ser necessariamente original, mas é igualmente considerado um fato novo aquele que pôde ser recém interpretado; caso, por exemplo, da série de Balmer que já se encontrava formulada quando da sua interpretação dedutiva feita pelo modelo de Bohr. Neste sentido, Lakatos critica e ignora “as insolentes pretensões à prioridade dos coletores amadores de fatos” (ibid., p. 193).

científica, é vista como sendo semelhante à empregada pelo cientista na elaboração da ciência (Chinn & Brewer 1993, p. 3; Nersessian 1989, p. 165). Nesse entendimento, a mudança conceitual na ciência e na aprendizagem desta requer um modelo cognitivo comum de aquisição do conhecimento científico (Nersessian 1989, p. 166)³. Uma proposta derivada do modelo de mudança conceitual parte das investigações sobre concepções espontâneas e procura parametrizar *condições* (Hewson & Thorley, 1989; Posner et al. 1982) para que se promova a mudança dessas concepções, trazidas para a sala de aula pelos alunos, em direção às científicas, pretendidas pelo professor. Assim sendo, em Posner et al. (1982, p.214) encontramos a formalização de quatro condições denominadas *insatisfação*, *inteligibilidade*, *plausibilidade* e *frutificação*, que deveriam ser essenciais para que houvesse uma mudança conceitual:

- **Insatisfação:** Os cientistas e os estudantes tendem, provavelmente, a não fazer grandes mudanças em seus conceitos, enquanto estiverem satisfeitos com as suas concepções prévias.
- **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. Assim sendo, para que um novo conceito comece a ser explorado, é preciso que ele faça um mínimo de sentido para o aprendiz (Strike & Posner, 1992).
- **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*⁴) correlatos, assumidos pelo sujeito. O indivíduo, conseqüentemente, acredita que os novos conceitos são verdadeiros. A plausibilidade de uma idéia pode ser identificada em 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. (Hewson & Thorley, 1989).
- **Frutificação:** condição que abre a possibilidade de que novos conceitos sejam estendidos a outros domínios, revelando novas áreas de questionamento.

Além destas quatro condições, o trabalho de Posner et al. (1982) estabelece que a aprendizagem envolve um elemento adicional. Em vista do processo de questionamento e aprendizagem ocorrer contra a base de fundo dos conceitos correntes do indivíduo, o seu “background” conceitual, conseqüentemente, os conceitos não têm a possibilidade de existir isoladamente, mas, tão somente, inseridos num ambiente conceitual, que lhes dá sustentação e compreensão⁵. Então, a mudança conceitual se vê governada pelo que Posner et al. (opus cit.) denominam de *ecologia conceitual* (p. 212) dos indivíduos. A ecologia conceitual é fator de influência na seleção dos novos conceitos. Ela consiste de um inventário de artefatos cognitivos que o aprendiz provavelmente possui e que lhe possibilita a discriminação do que é ou não relevante a respeito de um fenômeno. Assim sendo, no caso do aprendiz encontrar novos fenômenos e conceitos, ele conta com as suas concepções correntes para organizar a sua aprendizagem daqueles primeiros. Do contrário, a aprendizagem se dá no vazio⁶, com os novos conceitos permanecendo num vagar isolado, solitário, por não se fixarem ou ligarem a uma estrutura ou rede conceitual. Isto acarreta, portanto, uma compreensão débil, fraca, pouco significativa e uma aprendizagem que rapidamente é esquecida. Para Strike e Posner (1992) a confiabilidade da instrução depende da capacidade do professor localizar e levar em conta esses artefatos, que podem servir para facilitar ou, pelo contrário, podem se tornar obstáculos para a promoção da mudança conceitual.

Conseqüentemente, junto às quatro condições anteriores, permeiam os elementos da ecologia conceitual. De maneira particular, naquilo que se refere à reorganização ou mudança

³ Ver comentários e críticas adicionais sobre este ponto na próxima seção.

⁴ Conforme mais à frente.

⁵ Paralelamente na ciência “... não nos é possível iniciar uma investigação completamente desprovidos de quaisquer crenças sobre o mundo, visto que nossas crenças mais elementares são ainda fruto de alguma perspectiva teórica particular, ou, no mínimo, de nossa cultura” (Barra 1998, p. 23).

⁶ Mesmo que inteligível.

conceitual, devem também ser considerados, nesse processo, os seguintes tipos de conceitos (Posner et al. 1982, p.214-215):

- Anomalia: o caráter específico das falhas de uma dada idéia é uma importante parte da ecologia que faz com que se selecione uma nova idéia sucessora.
- Analogias e Metáforas: servem para sugerir novas idéias e fazê-las inteligíveis.
- Compromissos Epistemológicos: a) Ideais Explanatórios: a maioria dos campos de estudo têm pontos de vista específicos do conteúdo que deve ser considerado como explicação e como padrão de julgamento no campo. b) Visão Geral sobre o Caráter do Conhecimento: alguns padrões que são levados em conta para que um assunto tenha sucesso são a elegância, a economia, a parcimônia, não ser *ad hoc* e parecer neutro.⁷
- Crenças e conceitos metafísicos: crenças a respeito de um ordenamento, simetria, não aleatoriedade do universo, podem resultar numa visão epistemológica e podem vir a selecionar ou rejeitar tipos particulares de explicações. Os conceitos científicos apresentam uma qualidade metafísica, isto é, podem fazer acreditar que eles representam a natureza última do universo e, por conseqüência, seriam imunes às refutações.
- Outros conhecimentos: conhecimentos em outros campos podem influenciar a escolha de fenômeno para estudo ou, um conceito que compete com um outro, pode vir a ser selecionado em razão de ser mais promissor do que os seus competidores.

Portanto, as quatro condições prévias, em conjunto com a ecologia conceitual, tendem a assegurar, no campo racional, o sucesso da ocorrência de uma mudança conceitual dos aprendizes, segundo os autores.

O instrumento pedagógico

No decorrer de uma aula, cujo ambiente de ensino respeite as condições de contorno aqui selecionadas, geralmente consegue-se constatar o surgimento de determinadas posições “teóricas” dos alunos que entram em conflito ou rivalizam com a curricular, que o professor procura estabelecer. Tais situações têm a possibilidade de serem aproveitadas pelo professor para gerar uma salutar atmosfera de idéias controversas, de argumentos contrários, onde, individualmente, potenciais conflitos cognitivos são também possíveis de serem provocados. Dentro desse contexto, sugerimos qualificar em três formas básicas de raciocínio, as idéias que normalmente permeiam o ambiente de discussão de sala de aula. São elas: dois “programas”, denominados de Programa Alternativo e Programa Científico, e uma Fase de Transição. Assim, propomos observar as posições dos alunos, segundo estas três formas. É nelas onde devemos encontrar, comprometidos e envolvidos, os seus pensamentos. Por analogia com a teoria de Lakatos, os dois “programas” são posições cognitivas relativamente estáveis. Neles, são mantidos núcleos centrais característicos, onde estão reunidos determinados conceitos, vinculados a uma ecologia conceitual e que ficam protegidos de refutações empíricas ou de argumentos contrários. Em continuidade à analogia, estas proteções se dão através de um modificável cinturão protetor, constituído de criativas idéias auxiliares dos alunos, que vão sendo construídas em cooperação e que asseguram o núcleo central de seus programas.

Mais detalhadamente, entendemos, então, que os raciocínios dos alunos podem ser organizados segundo formas analíticas, definidas como se segue:

- Programa alternativo (PA) - de acentuada estabilidade, este programa surge naturalmente da fala dos alunos, em função da abertura, aos mesmos, do livre debate e da manifestação espontânea de suas posições e ajuizamentos; aqui se incluiriam as concepções alternativas ou de senso comum.

⁷ Dentro destes compromissos para com o conhecimento de natureza geral poderíamos vir ainda a citar outros mais específicos envolvidos com o indivíduo-aprendiz: a necessidade de um explícito entendimento entre teoria e evidência; a compreensão da necessidade da consistência entre idéias teóricas e estas últimas e os dados; disposição em mudar teorias, quando garantido; a crença de que a ciência não só se aplica ao mundo, mas também ao laboratório; a compreensão de que ciência não é um conhecimento estático, mas um contínuo processo de debate sobre a evolução das teorias (Chinn & Brewer, 1993). Alguns destes compromissos epistemológicos citados podem ser inseridos nas regras *do fechamento dedutivo* (acredita-se sempre em todas as conseqüências lógicas daquilo em que presentemente se acredita), ou *da não consistência* (não se deve acreditar nos elementos de um conjunto inconsistente de proposições) (Abrantes 1993, p.185).

- Programa científico (PC) - este programa, resultado da instrução, caracteriza-se pela articulação consistente dos conceitos e conteúdos curriculares pelos alunos, num nível e domínio satisfatório pretendido pelo professor.
- Fase transitória (FTr) - esta forma, como a anterior, surge como resultado da instrução, do ensino sistemático. Nela incluir-se-iam todos os discursos construídos pelos alunos que estariam, não obstante, pouco diferenciado de um pensamento de senso comum, sendo, porém, possível observar, em maior ou menor medida, tentativas, por parte do aluno, do emprego dos conceitos científicos, mesclando-os com as concepções alternativas. Em outras palavras, o raciocínio do aluno está tentando se apropriar dos conceitos científicos, mas continua conservando vínculos com elementos conceituais do programa alternativo. Por isso, esta forma de pensamento é pouco estável e frágil. Para efeitos analíticos, esta fase também situa as falas dos alunos que expressam indecisão ou que não podem ser claramente definidas, em função da técnica aqui utilizada, num dos programas anteriores⁸.

Estabelecida estas definições, propomos, na seqüência, entender as razões que levam os alunos a se situarem nos programas o que, também, auxilia a justificar a classificação feita. É de interesse do educador científico, portanto, saber porque, para certos alunos, o programa alternativo, por exemplo, é defendido ou se mantém com força de argumentação contrária às posições do programa científico que o professor pretende ensinar. Uma preocupação frequente desse educador é tentar entender porque o aprendiz, alicerçado em (ou mesmo, pelo contrário, por inexistirem para ele) ontologias, metodologias, valores e compromissos epistêmicos e conceitos, distintos do programa científico, cria um cinturão protetor, a fim de defender e *entrincheirar* (Chinn & Brewer, 1993) o núcleo do programa alternativo. Para isso, valer-nos-emos dos conceitos de Posner et al. (1982), destacados na seção anterior, a fim de compreendermos os motivos e as razões pelas quais uma determinada idéia de um aluno encontra-se associada a um programa específico.

Em suma, o que pretendemos, é propor um olhar para a dinâmica de construção do conhecimento em sala de aula, inicialmente, através dos “óculos” dos programas PA e PC. Após classificar os pensamentos individuais numa dessas possibilidades e mais na fase transitória, sugerimos as suas análises e qualificações por meio dos conceitos de Posner et al. (opus cit.), para entendermos, com maior profundidade, algumas das razões que levam cada pensamento dos alunos a se manter fiel a um determinado programa.

Aplicando o instrumento

Amostra, Metodologia e Núcleo do Programa Alternativo

A situação experimental foi a seguinte. Numa sala de aula, com alunos do segundo ano do ensino médio do Colégio de Aplicação da Universidade de São Paulo, o(a) professor(a) de física, interessado(a) em introduzir o conceito de velocidade angular, propôs três questões (vide anexo) para discussão. Na medida em que iam acontecendo as interações entre os alunos reunidos em grupos, fomos gravando em vídeo, separadamente, as discussões que ocorriam em cada grupo. Os alunos foram deixados a discutir livremente a respeito dos problemas, no momento da gravação.

As três questões do Anexo, propostas para discussão, foram obtidas do trabalho de Silva (1990). Desse trabalho, já se conhecia a potencialidade daquelas questões em estimular debates polêmicos entre os alunos, por fomentarem a contradição entre uma necessidade intuitiva de construção do conceito de velocidade angular e a idéia de velocidade linear (ibid., p. 12). A razão disso acontecer se deve à incompatibilidade em aplicar os conhecimentos formais de velocidade aprendidos na escola e às noções espontâneas de velocidade que, como veremos, podem ser consideradas constituintes do núcleo central de um programa PA de diversos alunos. A grande importância da escolha destas questões, conseqüentemente, é

⁸ Neste caso, talvez, o termo transitório seja impróprio e melhor seria dizer fase indefinida. Mas, em diversos casos, entendemos que a primeira expressão é apropriada.

favorecer a precipitação de noções primitivas, ainda arraigadas em vários alunos, ao mesmo tempo em que se tem a oportunidade de perceber que o núcleo do programa PC, fundamentado no conceito de velocidade linear, é ainda frágil e volátil para muitos deles, apesar do ensino formal.

Pesquisas sobre o conceito de movimento (por exemplo: Piaget, 1946; Mori et al., 1976; Trowbridge & McDermott, 1980; Carvalho & Teixeira, 1985) mostram ser comum sujeitos mais novos apresentarem uma noção intuitiva de velocidade como comparação de movimentos, sendo estes julgados em termos de seu caráter finalista, de ultrapassagem, de alcance dos móveis, entre outras. Assim, noções superadas pelos estudantes mais velhos para a primeira questão, como associar de forma bi-unívoca velocidades semelhantes a movimentos colaterais, voltam, porém, agora, na segunda questão, transformadas, devido às peculiaridades inerentes a esta. Ou seja, o movimento e a velocidade tornam a ser considerados como propriedades intrínsecas ou absolutas do objeto que se move, independentemente de observadores (Saltiel & Malgrange, 1980), conforme pensam as crianças mais novas.

Detalhando um pouco mais, veremos que existem, no que se refere à segunda questão, pensamentos conflitantes nos alunos entre uma noção de velocidade característica do corpo, como um todo, velocidade “global” (Dion 1992, p. 26; Silva 1990, p. 12), e uma velocidade pontual, que deve ser representativa do local (raio) do corpo, sempre que se procura aplicar o conceito formal de velocidade linear adquirido. Aqui, detecta-se um lampejo de uma concepção primitiva de velocidade angular, associando a rotação de um corpo extenso à necessidade de um tipo de velocidade global (Dion, 1992), que seria a mesma para todos os pontos do corpo. Contudo, como dissemos, a contradição entre estas duas velocidades, a linear, já estudada, e a angular, ainda não vista, faz com que noções vencidas em um problema reapareçam em outro.

A respeito da terceira questão, um comentário faz-se necessário adiantar, para melhor compreensão da análise dos dados à frente. Esta questão traz, potencialmente, consigo, as incompatibilidades já inventariadas, na medida em que há dificuldade em reunir as noções do giro (ou “velocidade”) mais rápido ou mais lento da menor e maior roldana, respectivamente, com a idéia conflituosa dos pontos A e B apresentarem a mesma velocidade, logo, da própria correia.

Em suma, como veremos na seqüência, acreditamos que muitas das inconciliações apreciadas entre as três questões poderão ser vencidas mais facilmente, caso o estudante esteja de posse do conceito de velocidade angular, lembrando, novamente, que este é um conceito não ensinado para os alunos, no período do registro dos dados, e que era o objetivo a ser conquistado pelo professor, após a etapa prévia de discussões da aula aqui registrada.

É necessário destacar ainda, que pelas razões anteriores, um mesmo aluno pode ter as suas falas classificadas em mais de uma forma. Assim, numa questão ele pode estar classificado em PC e em outra em PA. Isto se deve ao fato de que o nível de dificuldade ou de abrangência de certas características inerentes a uma questão ser diferente de outra. Logo, o que se categoriza é a fala, o tipo de raciocínio e não o aluno, especificamente.

Na subseção abaixo, selecionamos as falas de alguns alunos de três grupos filmados. A seleção foi realizada de modo a demonstrar, de maneira mais representativa, a aplicação do referencial analítico aqui proposto. Os grupos foram designados por letras A, B ou C. Às letras semelhantes, adicionamos uma numeração, cujo número inicial identificava o(a) aluno(a), seguido, em segundos, do tempo decorrido de gravação, permitindo uma leitura temporal da ocorrência das falas dos estudantes no grupo⁹. Em parênteses, encontram-se

⁹ Cada instante zero de tempo, refere-se ao início da filmagem em cada grupo, logo, a seqüência temporal só é relativa a cada grupo, isoladamente.

comentários dos observadores, com o intuito de situar, com maior clareza, as falas dos alunos. As falas estão apresentadas na íntegra, mas nos permitimos selecionar e omitir palavras ou sentenças pouco ou sem um interesse maior para o objetivo do trabalho.

Análise de dados

Programa Alternativo (PA):

A3 00” (A3 tenta argumentar contra a idéia de que as velocidades no cone possam ser diferentes) Meu, como a velocidade de uma caneta (serve-se de uma caneta e a manipula na frente dos colegas a fim de relacioná-la à segunda questão do cone) dessa pode ser maior no rabo do que na ponta, se a caneta é a mesma? (a caneta é girada, mantendo uma extremidade fixa). Então, por que a ponta é que ganha velocidade? ... A força (da pessoa) que tá girando assim (caneta em pé) é a mesma (que) tá girando assim (caneta deitada). (O(a) estudante entende que se a força aplicada à caneta é a mesma quando ela está em pé, o que resulta em movimentos semelhantes nas pontas de cima e de baixo da caneta, o mesmo deveria acontecer com a caneta deitada, pois, novamente, se está aplicando uma única força). ... (respondendo para A5 que argumenta serem as velocidades diferentes) Então, mas o que acontece, a ponta tá ganhando velocidade, não dá pra entender! A força que tá girando é a mesma, é o mesmo dedinho (dedo que está segurando a caneta). Não, você está pondo mais força na ponta do que no rabo? Não dá pra entender! A velocidade não vai vir do nada. Isso aqui (caneta) não vai sair andando sozinho. Você, você põe velocidade no negócio, você põe? Você põe força pra girar, velocidade.

A1 53” (concordando com A3) Com duas velocidades? A parte de cima girando mais rápido do que a de baixo? É um cone só (volta a questão 2)! Sabe, quando uma coisa, quando começa a girar e começa a ficar (a sua percepção) embaçado (por causa do movimento rápido). Tem que imaginar! A parte de cima do cone fica mais embaçado do que a de baixo, ou ao contrário. Quando a coisa tá girando muito rápido embaça a visão. A parte de baixo nesse objeto ... (é cortado(a) por A5). Daí você vê inteirinho torto. (Este(a) aluno(a) está tentando argumentar que se um objeto contém pontos ou partes que apresentam diferentes velocidades, ele, ao girar rapidamente, ficaria visualmente distorcido).

A3 91” Não dá! (esmurra a mesa). Não dá, pera aí! O negócio não vai sair girando sozinho que nem bobo. Precisa por alguma força pra girar aquele movimento que vai dar pro negócio (para o(a) aluno(a) movimento relaciona-se a movimento, uma concepção alternativa muito difundida. Assim, para que haja pontos com maior velocidade do que outros no cone, é preciso que diferentes forças, de distintas intensidades, estejam atuando nesses pontos. Essas forças, segundo A3, não se encontram presentes, logo, é impossível para ele(a) haver várias velocidades num mesmo corpo).

A1 99” Imagina uma máquina de costura. A linha, por exemplo, tá puxando (representa com as mãos um giro rápido de um carretel de linha cônico usado em costura). Não tem como ter duas velocidades. Imagina uma máquina ou a gente mesmo puxando, não homogêneo, é, é sem graduação (tentando achar a expressão correta), sem alteração. Imagina que você tem um carretel em forma de cone. Ele está preso em uma madeirinha. Você está puxando a linha, sem variação, com a mesma força, uma força só. Você não pode movimentar. Você tem um objeto, uma força.

A3 166” Pera aí que eu vou explicar. Tá ligado com aquele negócio que você pega uma pessoa brincando e fica girando assim. Quer dizer que a cabeça da pessoa tá girando mais rápido do que o pé dela?!

A2 180” (Utiliza a questão 3 para argumentar a favor de A1 e A3. Acha que as velocidades dos pontos A e B nesta questão são iguais). Esse negócio das voltas (questão 3), tem a seguinte condição. Esse (polia maior) tem simplesmente um e meio desse (polia menor). Esse gira duas vezes (polia menor), esse uma (polia maior) (chuta valores para raciocinar). Eles (pontos A e B) têm a mesma velocidade porque não é esses (as polias). Aqui gira duas voltas do que esse da maior. Não é (não são as velocidades diferentes no cone). É porque esse é um e meio desse (A2 está procurando justificar a igualdade das velocidades dos pontos do cone, pois os pontos A e B da correia da questão 3 apresentam velocidades iguais, apesar das polias estarem girando com “velocidades” diferentes. A hipótese da desigualdade das velocidades dos pontos A e B, na visão de A2, não se fundamenta necessariamente nas diferenças de diâmetros das polias. Logo, conclui A2, diâmetros distintos podem apresentar velocidades iguais. Assim sendo, por A2, os pontos com diferentes diâmetros no cone não têm porque não ter velocidades iguais) ... é porque aqui (questão 3) o perímetro é 10 e aqui é 20. Tem que dar mais voltas (a menor polia em relação a maior).

A1 209” O que me convence é o fato do cone dar uma volta só e distribuir a velocidade para os dois (distribuir a mesma velocidade para os pontos A e B). É uma correia, é uma foça (volta à questão 3 para reforçar o seu argumento). ... Imagina menos teórico e mais prático (tentando argumentar contrariamente as idéias de A5 - ver Programa Científico). Um corpo com duas velocidades A5, um mesmo corpo?! (faz com que A5 imagine que é impossível a existência de um corpo com duas velocidades).

B1 00” O que vocês colocaram na primeira (questão)? A velocidade de B (ponto B) maior do que a velocidade de A (ponto A). Repete a resposta de B5 - ver Programa Científico). Que é isso, são iguais cara, porque não é velocidade do ponto do cone, cone cara. O cone não gira a parte de cima mais rápido do que a de baixo.

B4 34” É o cone que gira não é o ponto que vai girar.

B1 72” (pergunta para B6 sobre as velocidades dos pontos A e B da correia no problema 3. B6 lhe responde que são iguais). Então, tem que ser igual do cone é lógico cara, é lógico. Aqui está o cone (faz um desenho de um cone), tem dois pontos aqui, certo? Gira pra cá, olha aí, óh! ... (responde para B2 que vincula a maior distância a maior velocidade de B no cone). Mas não é cara, porque está fixo no corpo não é um carro dando uma volta. Se o cone está girando, vamos supor, 30 por hora, o ponto (A e B) vai estar 30 por hora (B2 responde que o ponto A percorre menor distância e logo é menos rápido do que B). Mas não é distância é velocidade (replica à B2 quando este fundamenta a diferença das velocidades em razão das distâncias) (...) Que distância cara, se tá dois pontos fixos no mesmo corpo!

C2 83” O cone é assim (faz gestos com a mão mostrando um cone). O A (ponto A) tem um percurso menor se fosse pensar os pontos andando (se fosse pensar os pontos andando como na questão 1 de maneira independente, de forma isolada, o ponto A deveria apresentar menor velocidade, pois faz um menor percurso). Como é o cone (mas como é um corpo único), a velocidade é igual.

C4 91” Se os pontos andassem, aí seria igual que a questão número 1. Mas, como é o cone que se mexe ... (na primeira questão admite que o ponto externo tenha maior velocidade, mas isso não é o caso do cone, pois sendo este um corpo único deveria apresentar uma só velocidade).

C3 99” A força que movimenta A e B é a mesma. Não é a força própria dela diferente do caso 1 (questão 1) que vai movimentar. É uma força diferente (para cada objeto na questão 1). A força que vai movimentar o cone é a mesma.

C4 110” E no 1 (questão 1) é o carrinho, não é a pista que tá girando junto

C1 121” É um corpo só tomando impulso de apenas uma força. Uma força dando impulso para um corpo e dois pontos marcados. E os dois pontos têm a mesma velocidade, pois os dois pontos estão dentro de um só corpo, que só tem uma velocidade. Dentro de um corpo você vai ter duas velocidades diferentes? Dois pontos quaisquer marcados nele mesma velocidade.

C1 188” Eu acho assim. Pra criar uma situação semelhante nos dois primeiros problemas (1 e 2) teria que fazer a pista andar no lugar do carrinho (pontos A e B na questão 1). Se a pista tivesse andando com os dois carrinhos em cima, aí uma mesma pista poderia ter uma semelhança.

C7 306” Os pontos se for fixar no cone eles estão parados. Eles não estão nem com velocidade. Aí (questão 2) pergunta se eles vão percorrer. Aí eles nem vão percorrer, eles vão ficar sempre no mesmo lugar. O que vai mexer é o cone. Eles vão ter velocidades iguais. Eles não estão percorrendo nada, eles estão parados. Se fosse fora do cone aí eles vão ter velocidades iguais. No cone é diferente daquele círculo (questão 1). Por causa que (faz um cone de papel) eles (os pontos marcados sobre o cone de papel) não vão percorrer o cone. Se você marcar, se girar eles vão sempre estar aqui nesta parte do cone (a velocidade relativa dos pontos ao cone é nula, pois estes fazem parte do corpo do cone).

C6 739” Pensa no caso do disco (de música), a força do motor é a mesma. Se tem dois pontos aqui (raio maior) e outro aqui (raio menor), então, se quando chegar na de fora for mais rápido, na hora que chegar na música de fora vai tocar mais rápida (como as músicas tocam do mesmo jeito conclui-se que as velocidades internas e externas precisam ser iguais)

Programa Científico (PC):

A5 5” Se você girar assim (caneta pelo meio) não é diferente (as velocidades dos extremos da caneta). Mas se girar assim (por uma extremidade) é diferente.

A5 10” É, mas a distância que percorre aqui (refere-se a pontos longitudinais ao longo da caneta em pé) é a mesma, mas aqui (caneta deitada girando em torno de uma extremidade), não é!

A5 161” Óh, agora eu vou te (A1) provar. Vê, vê. Se você puser a linha em baixo, ela vai mais rápido do que se você enrolar em cima. (é interrompida por A3).

A5 201” Você tem que considerar as distâncias também. Não é só o que você vê. Você vê um negocinho pequenininho rodando e um enorme dando isso (dando uma grande volta, faz gestos com as mãos). Esse aqui (polia pequena) tá dando mil voltas pra fazer esse percurso.

A5 220” Se a velocidade fosse igual, você concorda que esse teria que dar duas voltas (ponto A no cone) para esse dar uma (ponto B no cone). É um corpo só. Não, óh, pensa, as velocidades são iguais. Vamos supor que isso (o perímetro feito pelo ponto B) aqui seja o dobro desse aqui (perímetro de A). Pode ser que seja (é uma suposição). Então, isso aqui (perímetro de B) é 20, isso aqui (perímetro de A) é 10. Se a velocidade fosse a mesma pra essa aqui (ponto A) teria que dar duas voltas. Isso é impossível porque que é um corpo só. Por isso a velocidade é diferente. Pra eles andarem no mesmo tempo a velocidade tem que ser diferente. (o perímetro de B sendo o dobro do perímetro de A, para efeitos de raciocínio de A5, e supondo as mesmas velocidades para os pontos A e B, o primeiro ponto necessitaria dar duas voltas para alcançar o mesmo perímetro percorrido pelo segundo, num período de tempo rotacional).

B5 24” Pensa na 1 (Primeira questão). Acha que as velocidades são distintas) olhando por cima (O cone. Não concorda que as velocidades dos pontos sejam iguais no cone).

B5 167” Olha o que eu penso. Óh, tá certo que o cone roda assim numa mesma curva. O corpo por inteiro do cone roda tudo junto. Se os dois estão no mesmo lugar e se o cone dá uma volta, os dois pontos chegam ao mesmo tempo e eles chegam no mesmo lugar. Mas, a distância que este ponto (A) tem que percorrer em cima do cone não é menor do que este (B)? (questionando os colegas do PA).

C5 180” Mas é a mesma coisa (as questões 1 e 2 são semelhantes). Vamos supor que você amarrasse no primeiro problema, pusesse uma barra de cimento que prendesse os dois carrinhos, tá. Eles vão rodando só que a velocidade de A seria diferente de B, entendeu?

C8 486” (vai para a lousa explicar) Um é o carrinho que anda e não a pista (refere-se a questão 1). O outro (questão 2) é o cone que anda e não o ponto. Mas, dá na mesma gente. Olha esse por cima (questão 1) esse por cima (questão 2). Óh, os dois ao mesmo tempo (desenha dois movimento concêntricos e sincronos com giz); se olhar a velocidade desse (B) maior só que (...) Se eu tirar uma fatia do cone, a outra fatia do cone (mais em baixo), fazer uma andar e outra estar aqui (faz um giro com as mãos onde uma das fatias fica mais atrás), não é isso. As duas velocidades vão juntas (completa o giro com as mãos). Mas, a velocidade de B é maior. É a mesma coisa.

C5 601” Pega uma caneta e roda (caneta deitada). Essa distância (ponta da extremidade livre) é maior do que essa (extremidade próxima do eixo de rotação), e o tempo é o mesmo.

Fase Transitória (FTr):

A2 252” Eu não tenho um conhecimento de física tão profundo pra achar que isso não possa acontecer (que as velocidades A e B do cone possam ser diferentes). Eu também, tá (concorda com A5). Tá na forma do (depende da forma do objeto), eu acho. Então, você falou um cone, eu concordo plenamente. Mas, os discos (roldanas do problema 3), um gira muito mais que o outro, então se B vai no pequeno (menor roldana), aí ele (B, aponta para a menor roldana) parece que ganha velocidade aí e A perde ou fica igual (na maior roldana).

B4 104” Eu acho que a velocidade deve ser a mesma só porque faz parte do mesmo corpo (ao ouvir as argumentações contrárias defendidas pelos colegas, fica em dúvida com qual raciocínio deve permanecer, em relação ao cone).

B6 236” Mas, então, a distância percorrida, a distância que muda. Como pode chegar (chegar juntos os pontos A e B no cone) se a velocidade é a mesma e a distância muda?

B4 249” A explicação dele (B5) tem lógica como a de vocês também têm lógica. É difícil colocar qual é a certa.

Como se tem a oportunidade de notar, os discursos dos alunos estão classificados segundo uma leitura dos programas PA e PC, e mais uma fase transitória (FTr). No caso dos programas, eles se caracterizam por um núcleo de concepções mais arraigadas, protegido por um cinturão de idéias.

Considerando os comentários da subseção antecedente, comecemos a análise pelo programa PA. Vemos que há pelo menos um conjunto nuclear de idéias, em parcela representativa de alunos, que é problemático para aceitação (Plausibilidade) do programa PC em sua maior extensão (Frutificação¹⁰). Particularmente, é possível observar a existência da noção central de um objeto extenso não poder ter várias velocidades em locais de seu corpo. Identificam-se, pelo menos, duas razões solidárias, que dão robustez a essa noção. Uma delas, encontra-se no entendimento de que a velocidade de um objeto é relativa a ele próprio, é sua característica, sendo, por isso, impossível que ele apresente diversas velocidades em suas partes. Isso pode ser visto na medida em que os alunos admitem, na questão 1, velocidades diferentes para os pontos, pois, neste caso, eles se encontram isolados (C2, C4, C1, B4 34”, B1 72”), são objetos próprios em pistas distintas, o mesmo não acontecendo com os pontos do cone, pois estes fazem parte de um corpo único, sólido, estando então, em outras palavras, fixos “dentro do corpo” (C1 188”). Reforçando essa argumentação, observa-se A3 ou A1 explicitamente imaginando que corpos quebrariam ou ficariam visualmente distorcidos, respectivamente, se suas partes tivessem diferentes velocidades, devido ao fato de algumas delas poderem se afastar ou se atrasar em relação às outras.

Todavia, existe uma outra dificuldade, conjugada a esta noção central, que, inclusive, a fortalece. Trata-se da não diferenciação, ou melhor dizendo, da despreocupação do sujeito em estabelecer, de forma consciente, o referencial do movimento observado. Por exemplo, vê-se em B4 34”, C2 83”, C7 306”, entre outros, a afirmação de que os pontos sobre o cone (questão 2) estão parados, mas, ao mesmo tempo, é dito que o cone está em movimento. Logo, pela inexistência de uma compreensão a respeito da fixação do referencial do movimento analisado, há uma alternância do mesmo, conforme a conveniência das convicções defendidas. Assim, é típico do raciocínio aqui representante do programa PA, transpor ou transferir-se do referencial do laboratório para o referencial girante do cone, fazendo com que um observador, situado neste último referencial, perceba todos os pontos parados, uns em relação aos outros. Portanto, por completa indiferenciação dos referenciais, dependendo da argumentação a ser defendida, o sujeito mescla pontos de vista que deveriam estar restritos a cada referencial.

Como parte integrante do núcleo do programa PA faz-se necessário um segundo exame complementar que dá vigor à noção central destacada acima, e que, decididamente, é igualmente responsável pela Inteligibilidade e pela Plausibilidade desse programa. No caso dos aprendizes A3, A1, C3, C1 e C6, e como se tem a possibilidade de encontrar para muitos

¹⁰ Frutificação no sentido de não ser particularmente aplicável às questões aqui colocadas.

outros sujeitos, como mostra a literatura (ver, por exemplo, Viennot, 1979), há uma outra concepção central que é determinante e reforça o entendimento da impossibilidade de haver várias velocidades no corpo dos objetos. Estamos nos referindo à concepção alternativa que associa a noção de força à de velocidade ($F \propto V$). Como resume C1 121”, um corpo, no caso o cone, tendo tomado um impulso de apenas uma força, só tem a possibilidade, por conseguinte, de apresentar uma velocidade e, portanto, por A3 91” só se consegue que o ponto B do cone ganhe ou tenha maior velocidade, se houver um mecanismo que coloque ou transfira, ou melhor, “*distribua*” (A1 209”) uma maior força para B do que para A. Deste modo, quando se gira uma caneta deitada por uma das pontas, segura pela mão, ao juízo de A3, por exemplo, aplica-se uma mesma força nessa ponta quanto a que se encontra com a extremidade livre (“*rabo*” da caneta; A3 00”). Consequentemente, por atuar uma única força, no seu exemplo da caneta, “*é o mesmo dedinho*” que a faz girar, conclui A3 00”, que só pode existir uma velocidade em toda a caneta e, por semelhança, no cone. Esta forma de pensar dá sustentação, como vimos, à argumentação de que, se por hipótese, partes dos objetos pudessem se locomover com distintas velocidades, eles despedaçam-se-iam. Por isso, no entender espantado de A3 166”, na brincadeira de uma pessoa girando pelas pernas, a cabeça não tem a possibilidade de adquirir uma velocidade maior do que aquela do restante do corpo. Mas, como observa C3 99” ou C4, no caso particular da questão 1, é possível haver diferentes velocidades, pois aí os móveis são autônomos, sendo, nas palavras de B1 72” a “*força própria (deles) que vai movimentar*”, “*não é um carro dando uma volta*” (os pontos do cone, diferentemente dos pontos da questão 1, não podem ter velocidades independentes).

É interessante perceber que o cinturão protetor do programa PA é aprimorado na medida em que gera uma gama de Frutificação, possível de ser verificada nos diversos raciocínios que lhe dão sustentação. Alguns desses raciocínios são destacáveis. Por exemplo, quando é pedido para imaginar a questão 1, usando “os óculos” do entendimento da questão 2. Ou seja, quando se coloca, na primeira questão, conforme sugestão de C1 188” (ver também C4 110”), os móveis A e B sobre uma pista girante única, “*em vez dos carrinhos*” percorrendo, por conta própria, pistas distintas, teríamos como reconhecê-la de acordo com os moldes interpretativos da questão 2. Outros momentos que poderíamos citar neste sentido são: o argumento do “*embaçamento*”, exposto por A1 53”; a idéia, empiricamente incorreta, do carretel cônico da máquina de costura de A1 99”¹¹; da cabeça girando mais do que o restante do corpo de A3 166”; do emprego da questão 3, que demonstra os pontos A e B da correia apresentando sempre a mesma velocidade, apesar do giro diferente das roldanas. Portanto, como nos quer fazer concluir A2 180”, não é devido às diferenças de diâmetros no cone que deve ser buscado o argumento para contrariar a idéia de velocidades semelhantes. Num exemplo final, poderíamos fazer referência à criativa e frutífera idéia de C6 739” que pede aos seus pares para imaginarem o que ocorre com um disco de música, pois, aí, em havendo velocidades distintas, em partes do disco, as músicas correspondentes seriam ouvidas de forma distorcida¹².

Ademais, vemos que tais argumentações isolam algumas das posições contrárias vindas do programa PC, protegendo o programa rival. Isto é percebido no momento em que B1 72” e C2 83” não se importam com o contra-exemplo da distância maior, usado como critério de refutação, pois, como opina C7 306”, no que se refere ao cone, os pontos estão

¹¹ Empiricamente incorreta no sentido de que, se fizermos a experiência, não vai acontecer o que está sendo previsto. É interessante notar que esta situação é diferente da anterior, concernente ao problema do embaçamento. Enquanto na primeira faz-se uma interpretação errada de um acontecimento empírico, igualmente falso, na segunda, dá-se um raciocínio de bases conceituais igualmente incorretas, que induz, por outro lado, a uma interpretação correta para o empírico; como se constata, o cone não distorce quando gira. Logo, aparentemente, um cinturão protetor mais difícil de ser quebrado.

¹² Conforme também nota anterior.

parados, fixos em relação a ele, e a distância não pode ser usada como elemento argumentativo para refutar PA, pois não há distância alguma a ser considerada.

Na parte que toca especificamente à Plausibilidade, identificam-se, nas falas, expressões que demonstram o comprometimento e a aceitabilidade dos protagonistas do programa PA. São elas: *Não dá pra entender!* (A3 00"); *Tem que imaginar* (A1 53"); *Não dá (esmurra a mesa)! Não dá, pera aí! (...) que nem bobo (...). Precisa por ...* (A3 91"); *Não tem como ter (...). Imagina (...)* (A1 99"); *Pera aí que eu vou explicar.* (A3 166); *O que me convence (...). Imagina menos teórico e mais prático* (A1 209"); *Que é isso, são iguais cara (...). (...) é lógico cara, é lógico* (B1 00" e 72"); *Eu acho assim* (C1 188").

De forma semelhante ao Programa PA, dirijamos, neste instante, a nossa análise para o Programa Científico. Este último, como PA, constitui-se de um núcleo central que toma por base o escolarizado conceito de velocidade linear. A Inteligibilidade concernente a este programa é capaz de ser verificada pela correta articulação das variáveis ($V = \Delta S/\Delta T$) que são objetos inerentes deste conceito (ver A5 220", B5 161", C8 486" e C5 601"). O cinturão protetor do programa PC, por outro lado, é demonstrado quando as mais variadas réplicas dirigidas a ele, pelos seus opositores, ou seja, pelos que estão compromissados com PA, tornam-se, ou são vistas, do ponto de vista de PC, como casos Frutíferos de explicação. Isto é observado em vários momentos: na hipótese da caneta com A5 5" (10") e C5 601"; na contestação de A5 161" sobre a colocação da linha do cone da máquina de costura, feita por A1 99"; nas posições contrárias de A5 201" e 220" a propósito das colocações da questão 3; na percepção da similaridade entre as questões 1 e 2 ("*dá na mesma gente*" C8 486"; "*Mas é a mesma coisa*" C5 180"), pois, olhar o cone por cima ou tirar-lhe fatias (B5 24"), ou, ainda, "*amarrar*" os carrinhos no problema 1 (C5 180"), é garantir uma correspondência entre os dois problemas e, com isso, salvaguarda o núcleo central, representado pela Inteligibilidade $V = \Delta S/\Delta T$, aprendido no curso de cinemática linear.

Quanto à Plausibilidade do programa PC, tem-se a oportunidade de apontá-la em variadas manifestações de seus asseclas. Além das expressões anteriores de C8 486" e C5 180", podemos ver outras igualmente representativas, que exprimem sentimentos de convicção para como o programa PC, tais como: *Óh, agora eu vou te provar* (A5 161"); *Você tem que considerar ...* (A5 201"); *Isso é impossível ...* (A5 220"); *Olha o que eu penso* (B5 167").

Para finalizar a análise, vemos um grupo de alunos classificados, no que denominamos de Fase Transitória (FTr). Esta categoria de pensamentos denota, mantida a convenção mencionada, a nossa impossibilidade de, claramente, situá-los em relação às duas classificações principais. Estes aprendizes mostram insegurança ou indefinição, no que se refere à aplicação do conceito escolar de velocidade, pois parecem manter, ainda, ligações mais ou menos fortes com o programa PA. Por se encontrarem nessa situação instável, ficam confusos com as argumentações opostas de seus colegas, parecendo que não conseguem se posicionar de maneira mais definida entre as diversas posições rivais. Acima, em FTr, tem-se a chance de ver vários alunos nessa situação, mas B4 249" é um representante que expressa melhor essa fase, mostrando que para ele(a) os argumentos do programa PA e PC são ambos convincentes. A fase FTr, por ter características instáveis, não elimina a possibilidade de alguns sujeitos, em menor ou maior medida, retornarem a legitimar os pensamentos do programa PA e poderem assim ser genuinamente classificados (como por exemplo, B4 104"). Todavia, em razão dessa instabilidade, fica aqui a tentadora hipótese de que, em geral, deve haver uma maior facilidade em ensinar sujeitos classificados nessa fase, portanto, em convertê-los ao programa PC, do que os que se encontram genuinamente afinados ao programa PA.

Considerações finais e Conclusões

Como este trabalho procurou mostrar, um referencial baseado em Lakatos, auxiliado pelo de Posner e colaboradores, é potencialmente útil para analisar e compreender, em contexto real de sala de aula, os raciocínios dos aprendizes em situação de controvérsias ou conflitos cognitivos. Fazendo desse referencial um subsidiário instrumento pedagógico, é possível ao professor, tanto monitorar melhor a aprendizagem de conteúdos, como compreender a natureza dos pensamentos expressos nos discursos dos estudantes, que põe impedimentos a essa aprendizagem. Logo, parametrizando algumas reações cognitivas dos aprendizes, com o auxílio de um tal instrumento, é nossa intenção que o professor passe a compreender, de maneira mais satisfatória, porque certos padrões de pensamento são explicitados pelos alunos, ao mesmo tempo em que passa a esperar ou a prever que eles naturalmente aconteçam.

Por outro lado, pensamos que um professor, de posse deste instrumento analítico, poderá, “*in loco*”, ter melhores chances de entender o espectro nuclear de conceitos que os alunos trazem para a sala de aula¹³, promotores de dificuldades para a aprendizagem dos conceitos curriculares. Neste caso, o professor, por estar “*tête-à-tête*” com seus alunos, terá maiores chances de perscrutar o que realmente os alunos estão pensando, dizendo e fazendo, diferentemente dos “dados congelados” em vídeo, deste trabalho.

Enfim, é nosso desejo que as idéias aqui expostas, de alguma forma, contribuam para melhorar a instrução em ciências, ao tentar auxiliar o entendimento das dificuldades envolvidas na aprendizagem dos conceitos científicos.

Referências

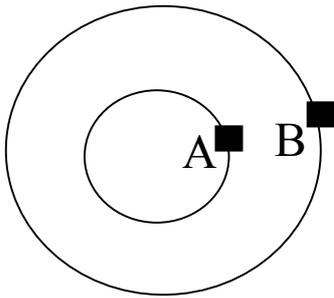
- ABRANTES, P. C .C. (1993). Naturalizando a epistemologia. In: Abrantes, P.C.C. (organizador) *Epistemologia e cognição*, Editora UnB, 171-218.
- BARRA, E. S. O. (1998). A realidade do mundo da ciência: um desafio para a história, a filosofia e a educação científica, *Ciência & Cultura*, UNESP, Bauru, SP, 5, 1, 15-26.
- BLANCO, R. & NIAZ, M. (1998). Baroque tower on gothic base: a lakatosian reconstruction of students'and teachers' understanding of struture of the atom, *Science & Education*, 7, 327-360.
- BREWER, W. F. & SAMARAPUNGAVAN, 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.
- CARVALHO, A. M. P; TEIXEIRA, O. P. B. (1985). O conceito de velocidade em alunos de 5ª série do 1º grau: um estudo a partir de questões típicas de sala de aula, *Revista da Faculdade de Educação*, USP, São Paulo, 11, 1, 2, 173-191.
- 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.
- CHINN, C. A. & BREWER, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science, *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 6, 632-654.
- DION, S. M. (1992). *Vetor velocidade angular. Um estudo de aspectos tridimensionais envolvidos em sua conceituação*, Dissertação de mestrado, Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GEDDIS, A. N. (1991). Improving the quality of science classroom discourse on controversial issues. *Science Education*, 75(2): 169-183.

¹³ Ou que vão construindo de maneira deformada.

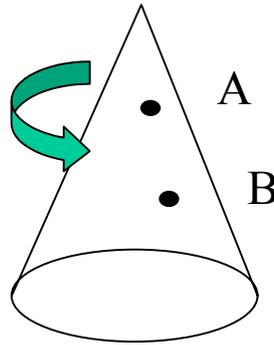
- GILBERT, J. K. & SWIFT, D. J. (1985). Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs, *Science Education*, 69, 5, 681-696.
- HEWSON, P. W. (1990). La enseñanza de fuerza y movimiento como cambio conceptual, *Enseñanza de las Ciencias*, 8, 2, 157-171.
- HEWSON, P. W. & THORLEY, N. R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11, Special Issue, 541-553.
- JOHNSON, D. & JOHNSON, R. T. (1979). Conflict in the classroom: controversy and learning. *Review of Educational Research*, 49, 1: 51-70.
- 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.
- LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M. & NARDI, R. (1998). Os programas de lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia, *Ciência & Educação*, 5, 2, 23-38.
- LAKATOS, I (1992). *The methodology of scientific research programmes*. Philosophical Papers, V 1, Cambridge University Press.
- LAKATOS, I. & MUSGRAVE, A. (1979). *A crítica e o desenvolvimento do conhecimento*, Editora Cultrix, São Paulo, SP.
- LINN, M.C. (1986). Issues in cognitive psychology and instruction: science. In: R. F. Dillon and R. J. Sternberg (eds.), *Cognition and Instruction* (San Diego, CA: Academic Press), 153- 204.
- MORI, I.; KOJIMA, M. & DENO, T. (1976). A child's forming the concept of speed. *Science and Education*, 60, 4, 521-529.
- NERSESSIAN, N. C. (1989). Conceptual change in science and in science education. *Synthese*, 80, 163-183
- NIAZ, M. (1993). Progressive problemshifts between different research programs in science education: a lakatosian perspective, *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 757-765.
- NIAZ, M. (1998). A lakatosian conceptual teaching strategy based on student ability to build models with varying degrees of conceptual understanding of chemical equilibrium, 7, 107-127.
- NIAZ, M. (1998a). The epistemological significance of piaget's developmental stages: a lakatosian interpretation. *New Ideas in Psychology*, 16, 47-59.
- NIAZ, M. (2000a). A rational reconstruction of the kinetic molecular theory of gases based on history and philosophy of science and its implications for chemistry textbooks, *Instructional Science*, 28, 23-50.
- NIAZ, M. (2000b). The oil drop experiment: a rational reconstruction of the milikan-ehrenhaft controversy and its implications for chemistry textbooks, *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 5, 480-508.
- NUSSBAUM, J. & NOVICK, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11: 183-200.
- OHLSSON, S. (1999). Theoretical commitment and implicit knowledge: why anomalies do not trigger learning, *Science & Education*, 8, 5, 559-574.
- PIAGET, J. (1946). *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant*. Presses Universitaires, Bibliothèque de Philosophie Contemporaine, Paris.
- PIAGET, J. & GARCIA, R. (1984). *Psicogénesis e historia de la ciencia*, Siglo Veintiuno Editores, 2ª edición, México.

- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. & GERTZOG, W. A. (1982) Accommodation of scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2): 221-227.
- ROWELL, J. A. (1989) Piagetian epistemology: equilibration and the teaching of science. *Synthese*. Netherlands. 80, 141-162.
- 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, L. J. (1985). Equilibration, conflict and instruction: a new class-oriented perspective, *European Journal of Science Education*, 7, 4, 331-344.
- SALTIEL, E. & MALGRANGE, J. L. (1980). Spontaneous ways of reasoning in elementary kinematics, *European Journal of Physics*, 1, 73-80.
- 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.
- SHEPARDSON, D. P. & MOJE, E. B. (1999). The role of anomalous data in restructuring fourth graders' frameworks for understanding electric circuits, *International Journal of Science Education*, 21, 1, 77-94.
- SILVA, D. (1990). O ensino construtivista da velocidade angular, *Textos Pesquisa para o Ensino de Ciências*, nº 4, Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo.
- 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. & POSNER, G. L. (1992). A revisionist theory of conceptual change, In: R. Duschl and R. Halmilton (eds.), *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory in Practice*, State University of New York Press, Albany, NY, 147-176.
- TROWBRIDGE, D. E. & McDERMOTT, L.C. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension, *American Journal of Physics*, 49, 12, 1020-1028.
- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1: 205-221.
- VILLANI, A., BAROLLI, E. CABRAL, T. C. B., FAGUNDES, M. B. & YAMAZAKI, S. C. (1997). Filosofia da ciência e psicanálise: analogias para o ensino de ciências. *Cadernos Catarinense de Ensino de Física*, 14, 1: 37-55.
- WENHAM, M. (1993). The nature of hypotheses in school science investigations, *International Journal of Science Education*, 15, 3, 231-240.

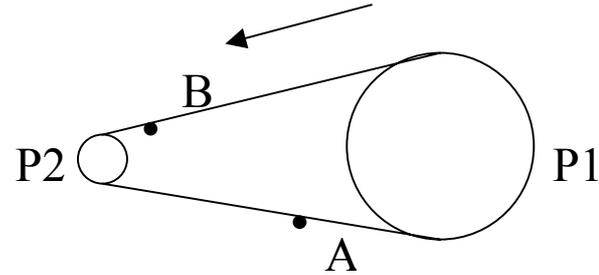
ANEXO



Questão 1



Questão 2



Questão 3

Escolha a alternativa correta:

Questão 1

Dois móveis A e B percorrem pistas concêntricas sempre lado a lado. Podemos dizer que:

- a) a velocidade de A é igual a de B?
- b) a velocidade de A é maior do que a de B?
- c) a velocidade de A é menor do que a de B?

Questão 2

Dado um cone que gira sobre seu eixo de simetria, tendo dois pontos A e B desenhados sobre o mesmo. Podemos dizer que:

- a) a velocidade de A é igual a de B?
- b) a velocidade de A é maior do que a de B?
- c) a velocidade de A é menor do que a de B?

Questão 3

Dadas duas polias que giram devido a uma correia e que apresenta dois pontos A e B. Podemos dizer que:

- a) a velocidade de A é igual a de B?
- b) a velocidade de A é maior do que a de B?
- c) a velocidade de A é menor do que a de B?