

- Fredette, N. y Lochhead, J., 1980. Students' conceptions of simple circuits, *The Physics Teacher*, Vol. 18, pp. 194-198.
- Furió, C., 1986. Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 4(1), pp. 73-76.
- Gauld, C.F., 1985. Teaching about electric circuits, *Learning in Science Project*. Working paper, 209. University of Waikato. Hamilton, N.Z.
- Gott, R., 1984. Electricity at age 15: Science report for teachers nº 7. *APU Science Publications*.
- Härtel, H., 1982. The electric circuits as a system: a new approach, *European Journal of Science Publication*, Vol. 4(1), pp. 45-55.
- Johsua, S., 1983. "La métaphore du fluide" et le "raisonnement en courant". *Atelier International d'été: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures.
- Johsua, S., 1984. Students' interpretation of simple electrical diagrams. *European Journal of Science Education*, Vol. 6(3), pp. 271-275.
- Maichle, U., 1981. Representations of knowledge in basic electricity and its use for problem solving. Paper presented at the conference "Problems concerning students, representations of physics and chemistry knowledge". Ludwigsburg, FR Germany, September 1981.
- Maloney, D., 1986. Rule governed physics current aseries circuit. *Physics Education*, 21, pp. 360-365.
- Osborne, R.J., 1981. Children ideas about electric current. *New Zealand Science Teacher*. Vol. 29, pp. 12-19.
- Osborne, R.J., 1983. Towards modifying children's ideas about electric current. *Research in Science and Technological Education*, Vol. 1, pp. 73-82.
- Osborne, R.J. y Cosgrove, M. *Learning in Science Project*. Working paper 25, 207, 208. University of Waikato. Hamilton N.Z.
- Posner, G. et al., 1982. Acommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, Vol. 66, pp. 211-227.
- Rhôneck, C., 1983. Semantics structures describing the electric circuit before and after instruction. *International Summer Workshop: Research on Physics Education*. La Londe les Maures.
- Shipstone, D., 1984. A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits, *European Journal of Science Education*, Vol. 6(2), pp. 185-198.
- Solomon, J., Black, P., Oldham, V. y Stuart, H., 1985. The pupil's view of electricity, *European Journal of Science Education*, Vol. 7(3), pp. 281-294.
- Solomon, J., Black, P. y Stuart, H., 1987. The pupils of electricity revisited: social development or cognitive growth, *International Journal of Science Education*, Vol. 9(1), pp. 13-22.
- Tiberghien, A., 1983. Revue critique sur les recherches visant a élucider les sens des notions de circuits électriques pour les élèves de 8 a 20 ans, *Atelier International d'été: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures.
- Tiberghien A. y Delacotte, G., 1976. Manipulations et representations de circuits électriques simples par des enfants de 7 a 12 ans. *Revue Française de Pedagogie*, 34, pp. 32-44.
- Varela, P., Manrique, M.J. y Favieres, A., 1988. Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos, *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6(3), pp. 285-290.

## TESIS DIDÁCTICAS

### "CONSERVAÇÃO E MODELO CORPUSCULAR - Um estudo transversal das explicações dos Estudantes para Transformações da Matéria"

Resumo de dissertação de mestrado em educação na área de didática. Ensino de Ciências.

Autor: Gilmar da Cunha Trivelato.

Orientador: Dra. Anna Maria Pessoa de Carvalho.

Instituição: Faculdade de Educação / Universidade de São Paulo, São Paulo 1989.

### Resumo

O objetivo central do trabalho foi verificar como os estudantes vão construindo um sistema de noções que, cada vez mais, se aproxima do modelo corpuscular adotado pelos cientistas para explicar a natureza da matéria, e como esse processo está relacionado com o desenvolvimento das noções de conservação das quantidades físicas. Ao mesmo tempo buscou-se analisar o papel da experiência e das estruturas cognitivas do sujeito na aquisição dessas noções.

Teve como ponto de partida as constatações das dificuldades encontradas pelos estudantes em dar explicações em termos microscópicos e as interpretações dadas para este fato. Alguns educadores explicaram essas dificuldades admitindo que os estudantes não raciocinavam formalmente segundo Piaget, enquanto que inúmeros outros criticavam essa posição e apresentando outros argumentos. Procurou-se mostrar que muitas interpretações com base na teoria piagetiana, bem como suas correspondentes críticas, resultaram da confusão

entre as noções de operações e causalidade, esta última entendida por Piaget genericamente como toda explicação de um fenômeno.

O referencial teórico adotado foram as hipóteses gerais da Psicologia e Epistemologia Genéticas. Fez-se considerações gerais sobre o modelo de causalidade adotado por Piaget e aspectos mais relevantes da teoria da equilibração das estruturas cognitivas, tal qual está apresentado em suas últimas obras.

Fez-se uma revisão dos principais estudos piagetianos sobre o assunto, desde os primeiros trabalhos sobre o desenvolvimento das quantidades físicas na criança no qual Piaget admite uma correlação entre conservação e atomismo, até os estudos mais recentes nos quais revê essa posição. Apresentou-se também os resultados das principais pesquisas em ensino de Ciências sobre as idéias que os estudantes possuem sobre conservação e natureza da matéria. Procurou-se mostrar que esses resultados apenas aparentemente estão em contradição com os achados da escola de Genebra.

A parte experimental consistiu no levantamento das explicações dadas por estudantes para transformações nas quais há variação na concentração de matéria. Os fenômenos escolhidos foram a diluição de uma solução de azul de metileno em água a diferentes temperaturas e a mistura de etano e água em condições tais que a contração de volume seja bem visível. Os fenômenos foram apresentados por etapas buscando-se sempre criar situações de conflitos cognitivos (desequilíbrios). Os sujeitos eram solicitados a observar os fenômenos, fazer previsões, constatar-las e dar suas explicações. Após esta etapa apresentava-se uma ficha contendo as idéias centrais do modelo corpuscular (descontinuidade, movimento e interação) solicitando-se que, usando essas idéias, reexplicassem os fatos observados.

Os protocolos das entrevistas foram analisados e as explicações agrupadas em categorias tendo-se como critério básico a visão de matéria apresentada pelo estudante, inferida a partir do conjunto de suas respostas. Em cada categoria foram analisadas as diferentes condutas dos sujeitos em termos das etapas intra, inter e trans propostas por Piaget.

As categorias de explicações mostraram que há, em função da idade/escolaridade, uma evolução de uma visão contínua para um modelo corpuscular simplificado e estático, com atribuição de características macroscópicas às partículas e baseado num esquema de compressão/descompressão para explicar diferentes estados físicos e variações de temperatura. Esta visão evolui em seguida para um

modelo cinético, mas ainda incompleto. A noção de interação entre partículas não é vista como necessária para explicar os fenômenos observados pela maioria dos estudantes.

Quanto às relações entre noções de conservação e modelo corpuscular, os resultados mostraram que dependem não apenas das estruturas cognitivas do sujeito, mas da natureza dos objetos em transformações. Um sujeito pode apresentar certas noções de conservação (e.g. substância e massa) e não apresentar uma visão corpuscular da matéria. Mesmo possuindo essa visão pode encontrar dificuldades em explicar a conservação da substância ou massa para fenômenos nos quais há variação da concentração da matéria.

Verificou-se também que para sujeitos de maior idade/escolaridade há uma forte influência negativa do conteúdo ensinado nas escolas, sendo que certas noções são usadas de forma arbitrária e inadequada. Podem ser caracterizadas como "pseudo-necessidades" no sentido piagetiano do termo e constituir obstáculos epistemológicos ao desenvolvimento cognitivo do estudante.

A partir dos resultados obtidos e de outros relatados, discutiu-se algumas implicações educacionais para todos os níveis de ensino. Consistem basicamente em levar-se em conta os conhecimentos que os estudantes já possuem, criando-se situações de conflitos cognitivos que possam levar a um reforço e generalização dessas noções ou superação das mesmas quando se mostram inadequadas ou insuficientes para explicar os fatos observados.

### DESENVOLVIMENTO E APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE ACELERAÇÃO EM ADOLESCENTES

*Trabalho apresentado, para obtenção do título de Mestre, ao Instituto de Física/Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.*

Autor: *Carlos Eduardo Laburu.*  
Orientadora: *Anna Maria Pessoa de Carvalho.*  
Instituição: *Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.*

#### Resumo

A preocupação deste estudo se orientou de forma a melhor clarificar o nosso entendimento com respeito a maneira pela qual alunos descrevem e compreendem o conceito de aceleração, observando o

desenvolvimento deste conceito e se a aprendizagem modificaria as idéias originais destes alunos.

O principal encaminhamento da pesquisa estava fundamentada no entendimento qualitativo da aceleração unidimensional como razão  $\Delta v/\Delta t$ .

A amostra pesquisada consistia de estudantes numa faixa de idades variando entre 11 a 16 anos, da cidade de Londrina, Paraná.

A metodologia empregada baseou-se em entrevistas individuais submetidas a uma pré-convencionada lista de questões. Estas, por sua vez, estavam concatenadas a três experimentos, representando movimentos acelerados:

1) Um experimento representava pontos constantemente imprimidos sobre uma fita de papel acelerada, exibindo tempos iguais a espaços cada vez maiores.

2) O segundo, dirigia uma régua acelerada (e retardada) sobre as espirais de um caderno espiral, produzindo-se estalos. Este experimento tratava a aceleração em espaços iguais e tempos desiguais.

3) O último experimento compunha-se de dois carrinhos acelerados que partiam do repouso, estando um deles mais atrás, e este, devido a sua maior aceleração, ultrapassava o segundo carrinho em determinado ponto da pista.

Da análise dos resultados encontrados delineamos um conjunto de padrões em aceleração, assim como fatores cognitivos ligados a esses padrões. Padrões estes que podemos enumerar:

– aceleração como idéia de variação de velocidade com exclusão do tempo;

– aceleração como somente aumento de velocidade;

– aceleração como velocidade (onde, em movimentos uniformes, existia a consideração da aceleração);

– aceleração como critério de força (havendo força, mesmo quando a resultante das forças fosse nula, existiria aceleração);

– aceleração como critério de posição, de velocidade final, de ultrapassagem.

A aceleração como variação de velocidade pelo tempo, cujo conceito esperaria-se para os alunos com a idade mais avançada da amostra, e que passaram por um curso de cinemática, foi concebida por uma minoria.

Muitas vezes, a dificuldade na concepção da aceleração estava atrelada às dificuldades na articulação significativa das grandezas que as compõem como a velocidade e o tempo.

Observamos também que a cada condição de contorno experimental estava associada uma contração, no sentido de que cada equipamento trazia, em si, um obstáculo a nível cognitivo para o entendimento claro da aceleração.

Em suma, conseguimos parametrizar um conjunto de conceitos associados à noção de aceleração e como estes limitam a aprendizagem do próprio conceito de aceleração.

Concluímos que para haver um entendimento efetivo da aceleração como razão, se faz necessário toda uma articulação formal das grandezas conjunturais que se juntam na formação da idéia de aceleração. Assim como uma exploração efetiva cognitiva de pontos-chaves problemáticos do conceito de aceleração como grandeza invariante ou não, a velocidade e o tempo como grandezas instantâneas, as relações de proporcionalidade, tanto na concepção da velocidade quanto da aceleração.

### UM ESTUDO PSICOGENÉTICO DE VELOCIDADE ANGULAR E A CONSTRUÇÃO DO SEU ENSINO

*Trabalho apresentado, para obtenção do título de Mestre, ao Instituto de Física/Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.*

Autor: *Dirceu da Silva.*

Orientadora: *Anna Maria Pessoa de Carvalho.*

Instituição: *Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.*

Este trabalho foi dividido em duas partes distintas e complementares: buscamos compreender e conhecer como crianças e adolescentes construíam as noções de velocidade linear e angular, em movimentos de rotações e em seguida, fomos para a sala de aula testar as nossas hipóteses sobre o ensino desses conceitos.

Na primeira parte, trabalhamos com 47 indivíduos de 7 a 14 anos, usando as entrevistas clínicas em quatro problemas, reproduzidos em maquetes. Os indivíduos poderiam manipular as maquetes e reproduzir as situações-problemas experimentalmente. As situações experimentais constaram de: 1) dois pequenos carros que percorriam pistas circulares e concêntricas, com simultaneidade das

saídas e chegadas; 2) uma barra rígida que oscilava na vertical, tendo dois alfinetes espetados em alturas diferentes; 3) uma pirâmide de base triangular que era posta a girar, com dois alfinetes espetados na mesma aresta, em alturas diferentes; e 4) duas polias, de diâmetros diferentes e acopladas por um fio.

Após a análise das entrevistas, segundo a óptica piagetiana, encontramos três níveis de noções bem definidas e hierarquizadas, que evoluem em função do aumento de idades dos indivíduos.

Num primeiro nível, classificamos os sujeitos que apresentaram explicações lógico-causais pouco elaboradas, confusas e sem uma estrutura coerente; num segundo nível, aqueles que resolveram as situações 1, 2 e 3, com o uso apenas da velocidade linear e no terceiro aqueles que apresentaram espontaneamente as velocidades linear e angular nas situações 3 e 4. Ainda, constatamos que os sujeitos classificados no nível segundo não conseguem resolver a situação 4, devido a ausência da velocidade angular nas suas explicações e os sujeitos do nível terceiro, resolvem as situações 1 e 2 apenas com a velocidade linear, mostrando que essa é satisfatória na solução de problemas com partículas.

Como conclusão, constatamos que a velocidade angular aparece numa elaboração ativa, em que os sujeitos coordenam-na em conjunto com a velocidade linear, separando ambas e resolvendo uma contradição aparente, pois as contradições desaparecem quando da construção das duas noções — de velocidade — pelos sujeitos.

À partir dessas constatações e conclusões, partimos para uma segunda etapa, buscando o ensino do conceito de velocidade angular.

A princípio, levantamos as tendências atuais de concepções de ensino pautadas no construtivismo piagetiano e neo-piagetiano, no que existem dois pontos concordes entre os pesquisadores: é necessário partir das noções que os alunos já apresentam e deve-se causar conflitos ou desequilíbrios de natureza cognitiva para que facilite o aprendizado.

Já que esses dois pontos também são defendidos pelo nosso grupo de pesquisas, partimos para a ação em sala de aula, num curso regular de segundo grau. Trabalhamos em duas salas, com um total de 53 alunos.

Inicialmente obtivemos as concepções dos alunos, através de um questionário escrito, com três questões-problemas, semelhantes as situações experimentais, usadas na primeira parte.

A análise exaustiva das respostas dos

alunos permitiu a classificação das suas explicações em categorias hierarquizadas. Essa classificação foi inspirada no trabalho de Bovet et alii (s/d). Constatamos que apenas 4 alunos apresentavam o uso da velocidade angular, e da linear apenas no problema que envolvia o movimento de polias, mas sem os adjetivos angular e linear. A maioria dos alunos não apresentavam nem a velocidade linear para soluções dos problemas.

Como estratégia a seguir, em duas aulas normais, em cada uma das salas separadamente, fizemos os alunos interagirem cognitivamente, tentando provocar os desequilíbrios cognitivos. Na primeira aula os alunos trabalham em grupos pequenos, discutindo as suas noções e na segunda aula, realizamos um debate geral envolvendo todos os alunos de uma mesma turma.

Na terceira aula, como apareceram muitos questionamentos, muitas dúvidas e muitas reflexões, mas não o consenso, resolvemos introduzir o conceito de velocidade linear como necessidade para solução integral dos problemas.

Dois semanas após a terceira aula, aplicamos um pós-teste para avaliarmos a nível de aprendizado, usando três questões semelhantes às iniciais. Classificamos novamente os alunos em categorias e obtivemos 24 alunos na categoria mais avançada, que aparece a solução integral dos problemas.

Para avaliarmos a retenção do aprendizado, aplicamos mais dois testes, o teste de retenção 1, após 9 semanas (daquela 3ª aula) e constatamos que o número de alunos na categoria mais hierarquizada aumentou de 24 para 39. No segundo teste de retenção, após também 25 semanas, essa incidência aumentou para 42 alunos.

Assim, pudemos constatar que mesmo após o final do ensino, continua havendo aprendizado pelos alunos.

Observamos também oscilações de alguns alunos nas categorias; alunos que ascenderam e alunos que caíram para outras categorias.

Um estudo exaustivo das respostas dos alunos, bem como as análises destas e a trajetória de cada aluno são descritas e apresentadas no trabalho, além de implicações para um repensar da prática pedagógica e do processo de avaliação nos cursos tradicionais.