

# CONTROLE DE VARIÁVEIS E EXPERIMENTAÇÃO♦

Alessandro Damásio Trani Gomes<sup>a</sup> [alessandro@coltec.ufmg.br]

Antônio Tarciso Borges<sup>b</sup> [tarciso@coltec.ufmg.br]

<sup>a</sup> Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais

<sup>b</sup> Programa de pós-graduação da Faculdade de Educação e Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais

## Introdução

Talvez a maior preocupação na área de educação em Ciências hoje é a de que os currículos devam oferecer um ensino mais significativo, aproximando o ensino em Ciências à prática científica. A educação em Ciências deve envolver não somente o desenvolvimento de conhecimentos amplos e abstratos, como conhecimentos práticos e contextualizados para a formação de uma cultura científica efetiva, mas principalmente, o desenvolvimento de uma capacidade de interpretação e análise de observações e resultados experimentais. Uma das formas de se obter tal ensino é a criação de um ambiente que propicie “o desenvolvimento de uma atitude investigativa, crítica e criativa frente ao novo, visando construir um entendimento de novas situações e fenômenos com os quais nos defrontamos a todo o momento”. (Borges, Borges e Vaz, 2001).

O laboratório de ciências torna-se assim, um componente importante, para facilitar a criação de tal ambiente. Porém, a forma de como as atividades laboratoriais atuais estão estruturadas contribuem muito pouco para isso. Diversos trabalhos (Borges, 1997; Borges, Borges, Silva e Gomes, 2001) discutem os problemas e limitações das atividades práticas tradicionais, concluindo que elas carecem de um valor educativo real, colaborando pouco para a aprendizagem de conceitos, para despertar vocações científicas e projetam uma visão distorcida da natureza da metodologia científica. Isso acontece porque, na maioria das vezes, não se promove o entendimento de como planejar atividades, de como interpretar e avaliar os resultados obtidos e de como julgar a qualidade das afirmações derivadas desses resultados. Em vista disso, os pesquisadores educacionais recomendam uma reorientação dos trabalhos práticos, priorizando a substituição das atividades práticas tradicionais (“hands-on”) ou orientadas para processos, por atividades mais abertas, de natureza investigativa.

Este trabalho desenvolve-se dentro de um programa de pesquisa que busca desenvolver um currículo de Ciências relevante e significativo, baseado em modelos e em modelagem, no qual investigações são consideradas atividades centrais. Para isso, precisamos compreender o quanto os estudantes dominam a habilidade de controle de variáveis e identificar suas dificuldades principais. Isso é necessário para que possamos encontrar meios para ajudar os estudantes a desenvolver tal habilidade, já que sua aquisição é um passo importante no desenvolvimento do indivíduo, uma vez que seu uso correto propicia um forte instrumento para a definição de procedimentos experimentais.

Esse trabalho tem por objetivo comparar o domínio de estratégias de controle de variáveis entre os alunos do Ensino Médio e Fundamental ao avaliarem dois experimentos simples para testar o efeito de determinada variável. Sendo assim, tentaremos responder a algumas questões: (a) Há diferenças significativas entre alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio? (b) Se existir alguma diferença, a que será devido? (c) O domínio de estratégias adequadas de controle de variáveis está relacionado com fatores como o fenômeno explorado ou o desempenho escolar do aluno?

## **Estratégias de Controle de Variáveis**

Atualmente, há um consenso de que até nos primeiros anos do ensino fundamental, os estudantes devem aprender o que constitui uma evidência e avaliar os dados e informações disponíveis. A resolução de problemas práticos abertos, organizados como investigações, torna-se, nessa perspectiva, uma estratégia de ensino-aprendizagem valiosa, com o potencial de guiar os estudantes ao longo do processo de tornar mais científico o seu mundo (Lijnse, 1995).

Atividades investigativas, segundo Borges (1997), são problemas práticos abertos nos quais os estudantes não possuem, de antemão, um roteiro, nem uma resposta que devam alcançar, sendo portanto, desafiados a solucioná-los. Muito se tem argumentado sobre a utilização e a implementação de tais atividades no ensino de ciências, mas pouco se sabe sobre o entendimento dos estudantes sobre questões que são cruciais para a obtenção de uma solução satisfatória de um problema prático. Isso pode comprometer seriamente a validade e qualidade de suas afirmações sobre o problema, após a conclusão do processo de resolução. Por isso, é necessário que os alunos desenvolvam um entendimento sólido sobre os principais aspectos da investigação científica.

Apesar de haver um consenso sobre a inexistência do chamado ‘método científico’, os pesquisadores em educação em ciências, em geral, concordam que há uma série de características e atitudes comuns entre as atividades de diversas áreas da ciência, apesar de suas particularidades que constituem os procedimentos próprios da metodologia científica. Dentre tais procedimentos, o controle de variáveis é uma habilidade cognitiva<sup>1</sup> fundamental na experimentação, pois apenas com uma estratégia eficiente de controle e a sistemática combinação entre as diversas variáveis envolvidas na solução de problemas práticos é que se podem obter dados válidos.

Chen e Klahr (1999) apresentam uma definição para o que vem a ser uma estratégia de controle de variáveis (ECV):

*“Nós definimos ECV tanto em termos operacional e lógico. Operacionalmente, ECV é um método para criar experimentos nos quais um único contraste é feito entre as condições experimentais. A estratégia envolve não apenas a criação desse contraste, mas também, a capacidade de distinguir entre experimentos consistentes e*

---

<sup>1</sup> Dessa forma, definimos estratégia de controle de variáveis como uma das várias habilidades cognitivas do indivíduo. Porém, ao longo do trabalho, utilizaremos os termos ‘estratégia de controle de variáveis’ e ‘habilidade de controle de variáveis’ de forma indistinta, mas atentos a essa definição.

*inconsistentes. O aspecto lógico da ECV inclui a habilidade de fazer inferências a partir dos resultados de experimentos consistentes e também um entendimento sobre a indeterminação associada aos experimentos inconsistentes. Assim, ECV é a idéia fundamental no design de experimentos consistentes dos quais, podem ser feitas inferências válidas e causais. (Chen e Klahr, 1999, p.1098)”.*

A definição de ECV apresentada acima é a ideal e, na maioria das vezes, a mais eficiente. Se o estudante a domina, ele deve ser capaz de planejar experimentos consistentes, ou seja, experimentos nos quais apenas a variável em foco, cujo efeito deseja-se determinar, é alterada, e as demais variáveis são mantidas constantes, e rejeitar experimentos inconsistentes, nos quais tal situação não ocorre.

Quando o controle de variáveis não é o eficiente, os estudantes geralmente:

- não reconhecem a variável dependente e quais são as variáveis independentes relevantes para a solução do problema;
- não controlam ou não determinam a influência de outras variáveis causais.

Isso resulta, normalmente, em variadas estratégias de controle de variáveis, que possuem falhas lógicas ou metodológicas, comprometendo assim, a realização da atividade e o conseqüente teste de hipóteses.

A habilidade de controlar variáveis é, geralmente, entendida como sendo uma habilidade cognitiva geral, portanto, facilmente transferível entre contextos (Millar, 1991). No entanto, muitos educadores (Baron e Sternberg, 1987; Chen e Klahr, 1999) ainda são céticos com relação à existência e possibilidade de transferência dessas habilidades para outros domínios e contextos. Segundo eles, crianças mais novas, mesmo quando instruídas de forma adequada, tendem a encontrar mais dificuldades em relacionar aspectos de ECV em diferentes contextos.

Os trabalhos sobre as habilidades cognitivas relativas à pesquisa científica, que abordam como e o por quê estudantes utilizam determinadas estratégias de controle de variáveis, enfatizam que a escolha de determinada estratégia é influenciada, principalmente, por quatro aspectos básicos, que serão abordados a seguir:

#### ✓ *O objetivo da atividade*

Alguns trabalhos sugerem que o entendimento dos estudantes sobre os objetivos das atividades pode afetar na escolha da estratégia de controle de variáveis adotada. Em seu trabalho, Schauble, Klopfer e Raghavan (1991) estimulam crianças de 5º e 6º ano a trabalharem de dois modos distintos, que eles definiram como “modelo científico” e “modelo de engenharia” de investigação. As crianças trabalharam com dois temas distintos, um desenhado para se trabalhar com o modelo de engenharia (tanque) e outro para se trabalhar com o modelo científico (mola).

Quando os alunos trabalharam como se fossem cientistas, podia-se perceber que sua orientação era a de determinar quais os fatores influenciavam ou não em cada atividade.

Dessa forma, as crianças trabalharam de forma mais sistemática, estabelecendo o efeito de cada variável sobre o sistema.

Quando os alunos trabalharam como se fossem engenheiros, as crianças escolhiam combinações contrastantes e concentravam-se em fatores que eles acreditavam serem causais, enquanto ignoravam fatores julgados não-causais, mesmo equivocadamente, buscando sempre a otimização do resultado.

Normalmente, os alunos utilizaram uma estratégia de tentativa e erro enquanto atuavam como engenheiros, e fizeram uma pesquisa mais cuidadosa e sistemática quando atuaram como cientistas. Esse resultado nos indica que as estratégias de controle de variáveis apresentadas pelos alunos estão intimamente relacionadas com o objetivo da atividade e que, devemos, então, ter uma preocupação maior de fazer com que os alunos entendam não só o conteúdo, mas também os objetivos das atividades desenvolvidas.

#### ✓ *Os resultados parciais do experimento*

Tschirgi (1980) pesquisou a diferença de comportamento de crianças e adultos na resolução de problemas do cotidiano, como confeitar um bolo ou fazer um avião de papel. Concluiu que em situações familiares, a natureza do resultado obtido influencia na escolha de estratégias para gerar novos experimentos. Em todos os grupos de idade, os participantes procuraram evidência confirmatória quando havia um resultado positivo, ou seja, um avião que voasse bem ou um bolo gostoso. Isto é, para tal resultado, usaram uma estratégia para manipular variáveis que Tschirgi definiu como HOTAT - manter apenas um parâmetro constante por vez . Ou seja, quando encontram resultados positivos, pessoas tendem a manter a variável que acreditam ser importante e variam as demais para que o resultado bom se mantenha.

Entretanto, eles selecionaram evidência desconfirmatória quando havia um resultado negativo, usando a estratégia usual, VOTAT – variar apenas um parâmetro por vez . Ou seja, quando encontram resultados negativos, pessoas tendem a variar a variável que acreditam estar provocando tal resultado e manter as demais até encontrar a variável responsável pelo resultado. Tschirgi conclui que, crianças mais novas são menos capazes de distinguir que a estratégia de VOTAT seria mais apropriada, por não perceberem a importância de variar apenas uma variável por vez. Além disso, adultos e crianças mais velhas, apesar de estarem cientes de que a estratégia de VOTAT é mais apropriada, muitas vezes, não analisam a estrutura formal de manipulação de variáveis, mas baseiam a escolha da estratégia em argumentos empíricos (dependentes dos resultados), e não, argumentos lógicos.

#### ✓ *Modelo de causalidade entre variáveis*

No seu trabalho, Kuhn, Black, Kaselman e Kaplan (2000) levantam a hipótese de que os estudantes possuem um modelo mental inadequado de causalidade que explicaria as estratégias incorretas de controle de variáveis, os erros nas análises de sistemas de múltiplas variáveis e, conseqüentemente, as dificuldades na interpretação das evidências.

Segundo eles, para se trabalhar com sistemas com diversas variáveis, além de uma boa compreensão da atividade, é preciso que os estudantes desenvolvam um modelo que envolva as relações de causalidade entre as variáveis. Isso inclui a concepção de que o resultado obtido é uma combinação de efeitos das variáveis envolvidas. O domínio deste modelo, segundo eles, é um pré-requisito fundamental para uma escolha consistente da estratégia de investigação. “Um estudante que possui tal modelo mental pode entender muito sobre um sistema e em muitos casos, até mesmo prever resultados corretamente...(p.498)”

Kuhn et al. estudaram o comportamento de estudantes entre 13 e 15 anos ao trabalharem durante várias sessões com um programa de computador que suportava um ambiente de investigação. Apesar de verificarem uma melhoria significativa nas estratégias de controle de variáveis e na produção de inferências válidas ao longo das atividades investigativas de muitos alunos, perceberam que alguns ainda escolhiam estratégias inapropriadas ao final do período de treinamento.

Assim, o uso de modelos mentais para explicar a adoção das diversas estratégias de investigação pode contribuir para um maior entendimento sobre essa diversidade e a influência das diferenças pessoais na sua seleção. Além disso, pode perfeitamente explicar a falta de progresso na sofisticação das estratégias de experimentação observada.

✓ *O conhecimento prévio dos estudantes*

Estudos recentes (Klahr e Dunbar, 1988; Klahr, Fay e Dunbar, 1993) indicam que há uma grande relação entre as estratégias que os indivíduos utilizam para realizar as atividades e as hipóteses que formulam, conhecimento e teorias sobre o assunto que mobilizam naquelas situações. A importância dada à relação entre o conhecimento prévio dos indivíduos e a atividade científica é demonstrada pelo modelo desenvolvido por Klahr e Dunbar (1988). Boa parte das críticas dirigidas às pesquisas na área de cognição nas décadas de 70 e 80 devia-se ao tratamento individual das diversas habilidades relativas à pesquisa científica tratadas como processos isolados, que poderiam ser estudados separadamente.

Para contornar a situação, Klahr e Dunbar propuseram que o pensamento científico desenvolve-se como a resolução de um problema que requer a procura em dois campos distintos: o campo da experimentação e o campo das hipóteses. Esse processo de busca seria guiado pelo conhecimento prévio e por resultados experimentais anteriores. Esse modelo, chamado de SDDS – Dual Space Search During Scientific Reasoning – poderia ser aplicado em qualquer situação na qual ocorra a formulação de hipóteses e a coleta de dados. O modelo SDDS caracteriza a pesquisa científica como um processo complexo e cíclico, baseado na formulação de hipóteses, na experimentação e na avaliação de evidências.

As diferentes estratégias adotadas por indivíduos durante o processo científico também podem ser explicadas pelo modelo SDDS. Segundo Klahr e Dunbar, essas diferenças podem ser explicadas pela variação na articulação das buscas nos dois campos. Podemos então, diferenciar dois tipos de indivíduos segundo suas estratégias: o ‘teórico’ e o ‘experimental’. O ‘indivíduo experimental’ foca sua atenção no espaço dos experimentos sem ter hipóteses claramente definidas e, se as têm, não guia sua ação por elas. Ele busca por informações no experimento que lhe possibilite obter as evidências almejadas. Já o ‘indivíduo teórico’ foca

sua atenção no espaço das hipóteses, mesmo sem ter uma hipótese clara e razoável, e utiliza a experimentação como forma de compreendê-las e avaliá-las.

Outros trabalhos (Klahr, Fay e Dunbar,1993; Schauble, Klopfer e Raghavan 1991) concluem que o conhecimento prévio dos indivíduos tem um forte impacto sobre o teste de hipóteses (experimentação) e sobre a interpretação dos resultados. Quando indivíduos realizam atividades investigativas, seus conhecimentos anteriores de alguma forma, impõem certos limites e tendências (theoretical biases). Isso tem influência marcante na maneira como formulam hipóteses, na seleção de estratégias experimentais para coletar os dados e na avaliação das evidências.

Os resultados também revelam uma tendência dos indivíduos em geral, e estudantes, em particular, de verem a experimentação apenas como forma de comprovarem seus conhecimentos e suas hipóteses iniciais. Isso explica porque, muitas vezes, eles desconsideram resultados obtidos para manterem firmes suas convicções. Além disso, indivíduos têm a tendência de focar mais sua atenção em variáveis que julgam previamente causais do que aquelas avaliadas como não-causais.

Em seu trabalho Borges, Borges e Vaz (2001) examinam as maneiras pelas quais os estudantes do 3º ano do Ensino Médio avaliam que fatores são importantes para determinar os resultados de duas investigações (envolvendo dois problemas diferentes) e como definem estratégias para investigar os efeitos daqueles fatores. Nesse caso, a estratégia de identificação e o controle de variáveis eram aspectos determinantes na classificação dos planos. Ao analisar os planos dos alunos para as atividades, verificaram que a quantidade de bons planos era pequena. Concluíram que há uma relação quanto ao tema da investigação e a qualidade do planejamento dos estudantes. Além disso, há uma certa relação entre o desempenho do estudante em física e a qualidade do plano por ele elaborado, apesar dessa relação não ser simples. Estudantes de melhor desempenho tendem a produzir planos melhores, por entenderem melhor as situações propostas e formular hipóteses mais consistentes sobre o fenômeno, ou por terem modelos mentais mais desenvolvidos de experimentação. O entendimento conceitual pertinente ao problema é, assim, um fator importante para estruturar uma solução para problemas práticos.

## **Metodologia**

### *Participantes*

Os participantes são alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio de um colégio de classe média de Belo Horizonte que pertence a uma rede de ensino. Participaram da pesquisa 122 alunos do 8º ano, divididos em quatro turmas (66 meninos e 56 meninas com idades entre 14 e 16 anos) e 78 alunos do 2º ano do Ensino Médio, divididos em três turmas (35 meninos e 43 meninas com idades entre 16 e 18 anos).

### *Instrumento*

Para este trabalho, fizemos uma ampliação de materiais aplicados em pesquisas anteriores (Chen e Klahr, 1999). Foi preparado um teste, consistindo de uma série de experimentos, que abordavam dois problemas diferentes, denominados de ‘problema do

avião’ e ‘problema da planta’, respectivamente. Cada série de experimentos consistia na avaliação de quatro comparações entre dois desenhos distintos.

O teste foi apresentado sob a forma de um livreto, com oito páginas e uma comparação em cada página. Foram preparados dois tipos de livretos: um com o experimento do avião primeiro (Livreto 1) e outro com o experimento da planta primeiro (Livreto 2). Na tabela 1 estão resumidas as características de cada problema:

Tabela 1 – Características dos problemas abordados no teste.

Problema	Problema	Número de variáveis	Variáveis	Níveis das variáveis
Avião	Determinar o efeito do tamanho da <b>asa</b> sobre a maneira do avião voar	3 variáveis	- <b>Asa</b> <sup>a</sup> - Corpo - Cauda	Grande ou pequena Espesso ou fino Grande ou Pequena
Planta	Determinar o efeito da quantidade de <b>água</b> sobre o crescimento da planta	3 variáveis	- Luz do sol - <b>Água</b> <sup>a</sup> - Alimento	Muita ou pouca Muito ou pouca Muita ou pouca

<sup>a</sup> Variável em foco ou relevante

Como podemos ver, os problemas são bem parecidos, apesar de tratarem de assuntos diferentes. Ambos possuem três variáveis causais, todas categóricas que assumem apenas dois níveis. Os dois problemas utilizavam comparações de quatro tipos diferentes:

- Comparação consistente: aquela cuja variável em foco, a variável independente relevante para a solução do problema proposto e cujo efeito se deseja determinar, assume valores diferentes, enquanto que as demais variáveis são mantidas constantes. As comparações 2 do avião e 3 da planta apresentam uma comparação deste tipo, sendo corretas para demonstrar o efeito das variáveis em foco em cada problema.

- Comparação inconsistente em uma variável: aquela em que além da variável relevante, uma segunda variável, irrelevante para a questão apresentada, também varia. Apenas um fator é mantido constante nesse tipo de comparação. As comparações 1 do avião e 4 da planta são comparações deste tipo. No avião, além do tamanho da asa, a espessura do corpo também sofre alteração. No caso da planta, além da quantidade de água, a quantidade de sol recebida também varia. Assim, essas comparações são inadequadas para determinar o efeito da variável relevante.

- Comparação inconsistente em todas as variáveis: aquela em que a variável relevante assume valores diferentes, juntamente com as demais variáveis. Na comparação 3 do avião, além do tamanho da asa, são alterados a espessura do corpo e o tamanho da cauda do avião. Na comparação 2 da planta, além da quantidade de água, são alteradas as quantidades de sol e alimento. Estas comparações são, então, inadequadas para determinar o efeito da variável relevante.

- Comparação consistente, mas irrelevante: aquela em que uma outra variável independente, mas irrelevante para o problema, assume valores diferentes, enquanto que a variável relevante é mantida constante. Na comparação 4 do avião, os tamanhos da asa e da cauda são mantidos constantes e apenas a espessura do corpo é alterada. Na comparação 1 da planta, a quantidade de alimento é alterada, enquanto as quantidades de água e sol são mantidas constantes. Estas comparações, apesar de apresentarem um controle de variáveis,

são inadequadas para determinar a influência da variável relevante. As figuras 1 e 2 ilustram os tipos de comparações utilizadas para os dois problemas. A numeração corresponde à ordem utilizada no livreto:

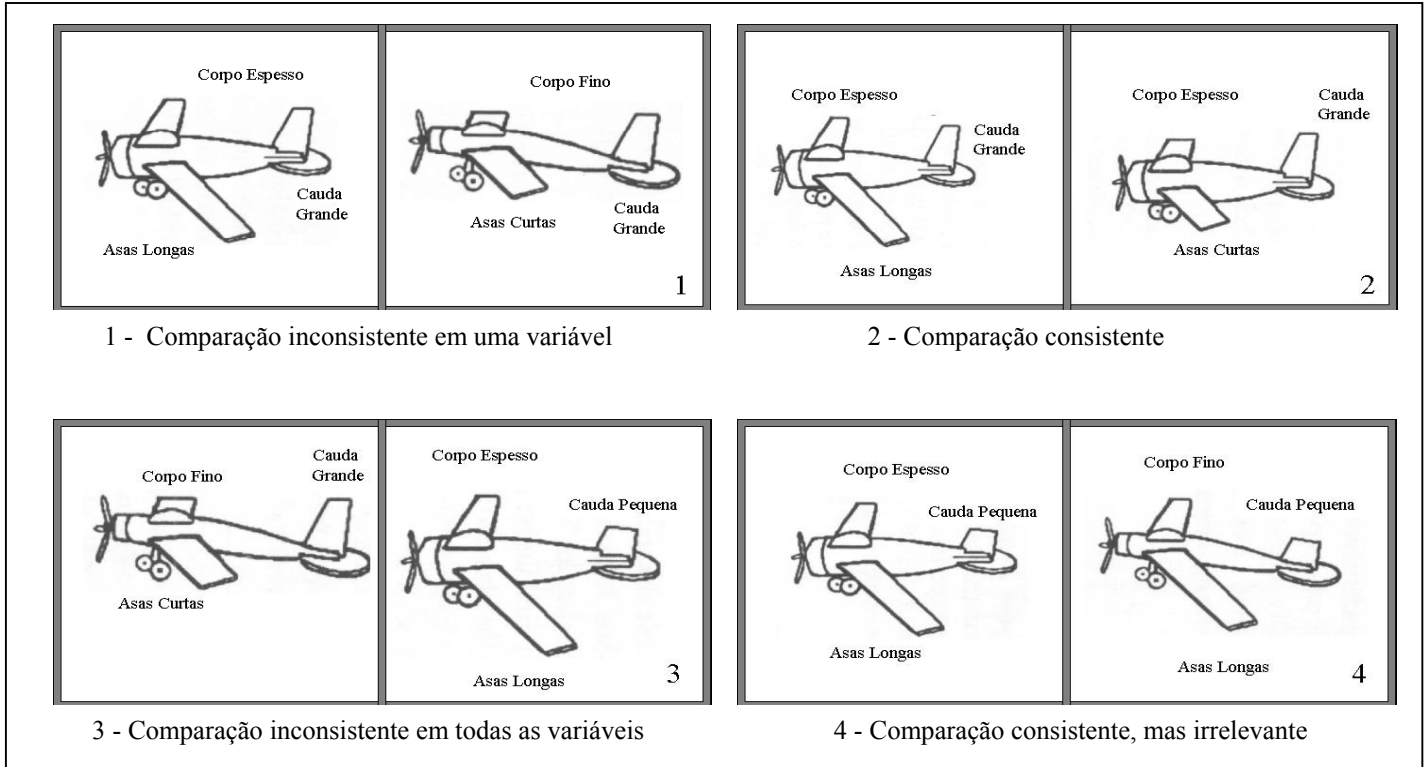


Figura 1 - Comparações utilizadas para o problema do avião

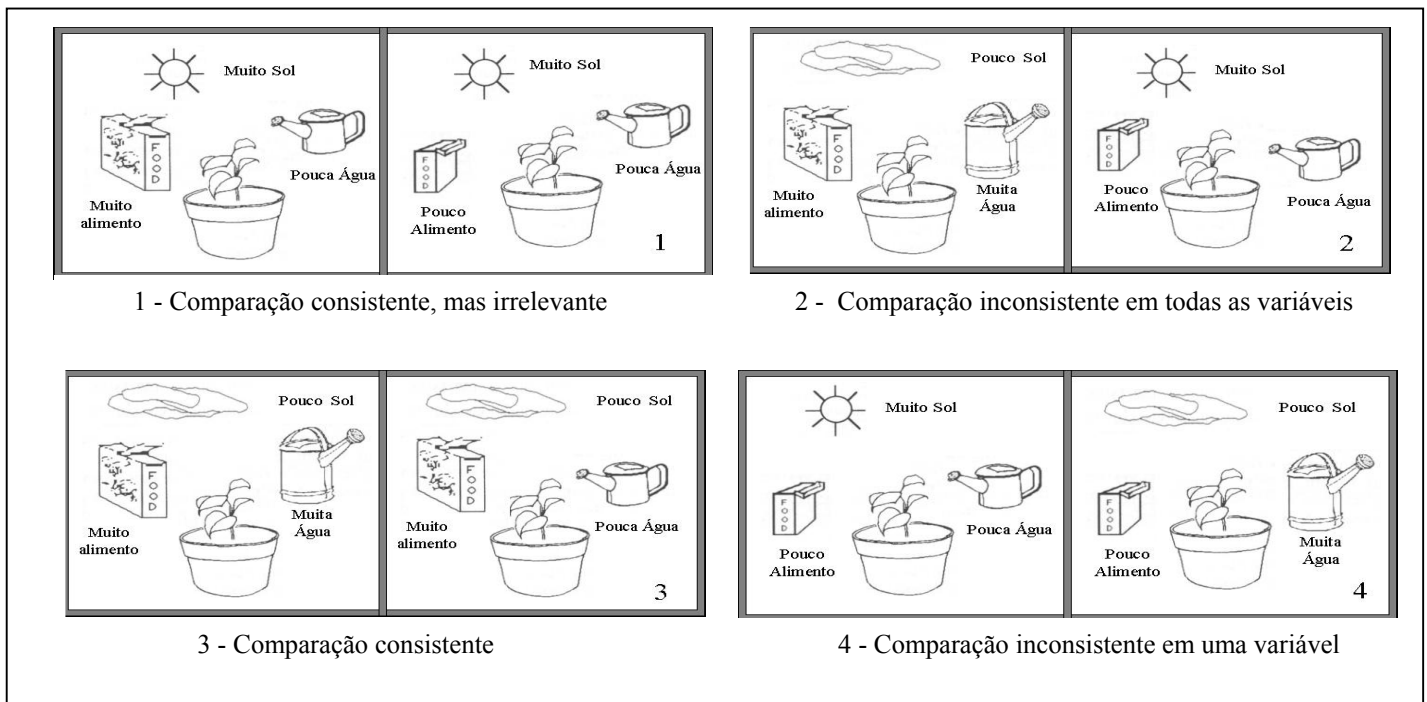


Figura 2 - Comparações utilizadas para o problema da planta



## *Procedimentos*

Os testes foram administrados durante o período de aula dos alunos (turno manhã). O Livreto 1 foi distribuído em duas turmas do 8º ano e em duas turmas do 2º ano. O Livreto 2 foi distribuído nas outras turmas. A tabela 2 apresenta o número de alunos do 8º ano e do 2º ano que utilizou cada livreto.

Tabela 2 – Distribuição dos livretos entre os alunos.

<b>Ano</b>	<b>Número de alunos</b>	<b>Livreto aplicado</b>	<b>Ordem do problema</b>
8º ano	64	Livreto 1	Avião / Planta
	58	Livreto 2	Planta / Avião
2º ano	49	Livreto 1	Avião / Planta
	29	Livreto 2	Planta / Avião

Todos os alunos realizaram o teste no mesmo dia. Comunicamos aos estudantes o objetivo geral da pesquisa e o objetivo dos testes. O professor não forneceu aos alunos qualquer orientação sobre como proceder. Os estudantes foram instruídos a prestar atenção às instruções fornecidas pelo pesquisador e a olhar para os desenhos (Figuras 1 e 2) cuidadosamente.

Durante a apresentação dos dois problemas, optou-se pelo uso de proposições gerais, evitando-se terminologia técnica, para não sugerir hipóteses ou entendimentos específicos. Para o problema do avião, foi dito aos estudantes que o objetivo da atividade era o de determinar a influência do tamanho da asa sobre a maneira do avião voar e que, não nos interessava saber se a espessura do corpo ou o tamanho da cauda influenciava. Para o problema da planta, procedemos de maneira semelhante.

Os alunos trabalharam individualmente durante todo o teste, seguindo seu próprio ritmo. Para cada comparação, foram orientados a marcar se a comparação era boa ou ruim, caso julgassem a comparação boa ou ruim tendo em vista os objetivos estabelecidos. Em seguida, era-lhes pedido que justificassem suas escolhas. Os alunos do 8º ano demoraram, em média, 30 minutos e os alunos do 2º ano cerca de 20 minutos para realizar o teste.

## **Resultados e Discussões**

Para podermos tratar melhor o material empírico, optamos por separar a análise e discussão em duas partes. A primeira delas, de natureza estritamente quantitativa, preocupa-se com a avaliação dos experimentos pelos alunos, considerando apenas as opções marcadas. A segunda parte, de natureza qualitativa e quantitativa, analisa e classifica as justificativas dadas pelos alunos. Apresentaremos aqui os resultados da análise quantitativa.

Para que as análises fossem feitas, procuramos informações com os professores para termos uma caracterização de cada turma. A visão deles é que não há diferenças significativas entre as turmas com relação ao comportamento, alunos repetentes, idades diferenciadas e rendimento escolar. Assim, resolvemos trabalhar apenas com duas populações, alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e 2º ano do Ensino Médio, desconsiderando possíveis diferenças entre as turmas de um mesmo ano.

### Número de comparações avaliadas corretamente

A primeira comparação de desempenho dos alunos, tendo em vista o controle de variáveis, é a quantidade de comparações avaliadas corretamente. A tabela 3 nos mostra a média total de acertos dos alunos para as oito comparações da atividade:

Tabela 3 – Número totais de comparações avaliadas corretamente

Ano	Média de acertos na avaliação
8º ano	5,24 (SD = 2,19)
2º ano	6,03 (SD = 1,87)

Considerando que o máximo de pontos possível na atividade é oito, as turmas de 2º ano obtiveram um desempenho melhor do que as turmas do 8º ano. É interessante ressaltar que assuntos relacionados com o controle de variáveis não são tratados de forma explícita em nenhum ano ou disciplina no colégio. Das turmas do 8º ano, duas delas tiveram aulas de Física no 1º Semestre de 2001 e estavam tendo aulas de Química no 2º Semestre. Com as outras duas turmas ocorreu o inverso e estavam tendo aulas de Física quando a pesquisa ocorreu. As turmas do 8º ano que tiveram aulas de Física no 1º Semestre obtiveram médias superiores àquelas que tiveram aula de Química. Essa diferença entre as médias das turmas pode ser explicada talvez, pelo fato de que o teste foi aplicado em outubro do ano passado. Assim, as turmas que estavam tendo Física ainda estavam no meio do semestre, pouco habituados à nova disciplina. Nas turmas de 2º ano não ocorreu diferença significativa entre as turmas.

A figura 3 apresenta os gráficos com a distribuição de frequência do número de comparações avaliadas corretamente e o número de alunos de cada ano. Os gráficos indicam, que o número de alunos do 8º ano que acertaram no máximo três comparações (23,77%) é bem maior do que os alunos do 2º ano (11,54%). Podemos ver também que, 49,18% dos alunos do 8º ano acertaram pelo menos 6 comparações e, para o 2º ano essa porcentagem sobe para 64,10%.

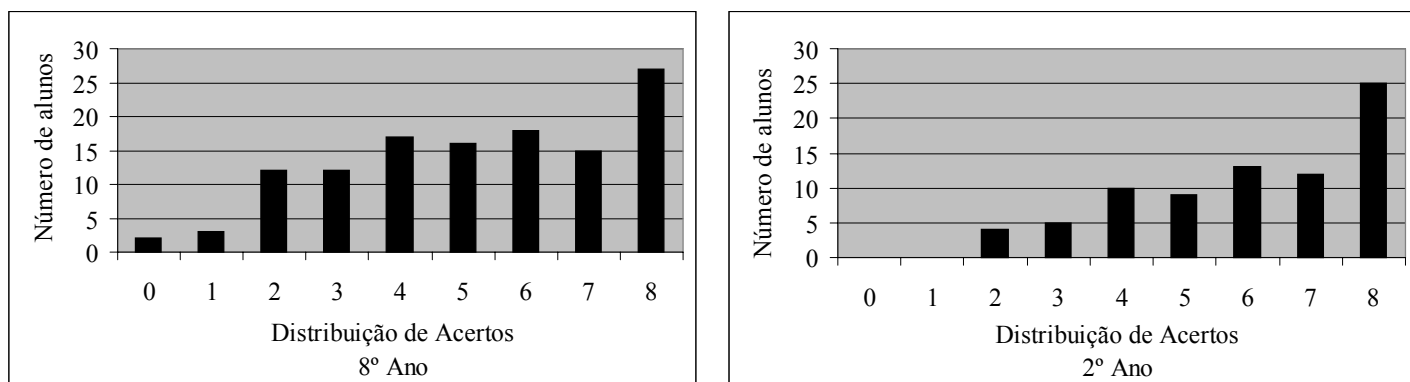


Fig. 3 – Distribuição de frequência do número de comparações avaliadas corretamente e o número de alunos de cada ano.

### *Robustez da avaliação*

Para procedermos na análise das avaliações dos experimentos feitas pelos estudantes, utilizamos o conceito de robustez. Consideramos robusto o aluno que tenha avaliado corretamente as oito comparações da atividade ou seja, aquele que obteve escore 8. A ocorrência de robustez revela dois aspectos importantes:

1. Ela sugere que o aluno domina bem a estratégia correta de controle de variáveis, pois soube aplicá-la independente do tipo de comparação e do problema envolvido;
2. Indica que o aluno demonstrou, além do domínio de ECV, um entendimento do objetivo da atividade, levando-o em consideração quando avaliou as comparações.

A tabela 4 mostra o número e porcentagem de alunos por ano que demonstraram robustez na avaliação:

Tabela 4 – Número de alunos que julgaram as oito comparações corretamente.

<b>Ano</b>	<b>Nº de alunos robustos</b>
8º ano	27 / 122 (22,13%)
2º ano	25 / 78 (32,05%)

A porcentagem de alunos de 2º ano que demonstraram robustez foi superior à dos alunos de 8º ano, apesar dessa diferença não ser tão significativa. O resultado indica que alunos mais velhos dominam melhor uma estratégia correta de controle de variáveis e se mantém mais claro quanto aos objetivos da atividade proposta. Esse resultado era esperado uma vez que a estratégia de controle de variáveis evolui com a idade.

### *Ordem e conteúdo dos problemas*

Analizamos a influência da ordem de resolução dos problemas (avião/planta ou planta/avião) e de seu conteúdo conceitual no desempenho dos alunos na tarefa de avaliação dos testes propostos. Como já vimos, (tabela 2), diferentes livretos foram distribuídos para os alunos, nos quais a ordem dos problemas era alterada. Verificamos também a existência da relação entre o problema e o desempenho no experimento. Se considerarmos as estratégias de controle de variáveis como habilidades cognitivas gerais, então não deveríamos esperar que ocorressem diferenças significativas entre as avaliações dos estudantes para os dois problemas. Nosso entendimento é que, embora possamos cogitar habilidades dessa natureza, o desempenho dos estudantes não é determinado só pelo domínio ou não de ECV. Ao contrário, o modelo que eles constroem do fenômeno é igualmente determinante no seu desempenho.

A tabela 5 exhibe as médias de acerto de cada problema, de acordo com o Livreto utilizado, além da porcentagem de alunos robustos. As médias dos alunos que receberam o Livreto 1 foram menores que as médias dos alunos que receberam o Livreto 2 nas duas atividades, para os dois grupos de estudantes. Todas turmas que resolveram primeiro o

problema da planta, obtiveram médias maiores em ambos os problemas. Como os livretos foram distribuídos por turmas, a diferença no desempenho de cada uma pode ter sido significativa para a diferença. Coincidentemente ou não, as turmas de 8º ano e 2º ano que apresentaram o menor índice de acerto na atividade utilizaram o Livreto 1.

Tabela 5 – Média de acertos e robustez em relação ao tipo de Livreto

Ano	Livreto	Robustez	Média de acertos na atividade	
			Avião	Planta
8º ano	Livreto 1	8 / 64 (12,50%)	2,27 (SD= 1,16)	2,59 (SD = 1,21)
	Livreto 2	19 / 58 (32,76%)	2,83 (SD=1,71)	2,81 (SD = 1,29)
	<b>Média Geral</b>		<b>2,55 (SD =1,19)</b>	<b>2,70 (SD = 1,25)</b>
2º ano	Livreto 1	16 / 49 (32,65%)	2,82 (SD = 1,17)	3,14 (SD = 1,00)
	Livreto 2	9 / 29 (31,03%)	2,90 (SD = 1,01)	3,24 (SD = 1,15)
	<b>Média Geral</b>		<b>2,85 (SD = 1,11)</b>	<b>3,18 (SD = 1,05)</b>

Os alunos, tanto do 8º ano quanto do 2º ano, apresentaram um menor índice de acerto ao avaliar o experimento do avião do que o experimento da planta, relevando assim, uma maior dificuldade com relação ao problema do avião. No 8º ano, a porcentagem de alunos robustos que utilizaram o Livreto 2 foi superior à dos alunos que utilizaram o Livreto 1. Já no 2º ano, a porcentagem é praticamente a mesma. Podemos inferir disso, que a ordem da atividade pode influenciar na qualidade da avaliação do controle de variáveis, principalmente dos alunos mais novos, que podem ter problemas, por exemplo, em reter os objetivos da atividade.

Essa diferença entre as médias dos dois problemas, apesar de pouco significativa, reforça resultados anteriores (Chen e Klahr, 1999) de que ECV é uma habilidade cognitiva que, normalmente, não é desassociada do contexto. Psicólogos e pesquisadores na área de cognição defendem que, o indivíduo, ao interagir com o mundo físico, adquire um senso de ‘mecanismo’, uma idéia ou noção de como as coisas funcionam e o por quê.

Segundo diSessa (1993), o ‘mecanismo’ seria então, uma espécie de conhecimento pouco organizado, responsável pelas previsões, expectativas, explicações e relações de causalidade que jovens e adultos possuem sobre diversos fenômenos. Assim, a função do senso de ‘mecanismo’ é representar uma base para o raciocínio do indivíduo, enquanto este não adquire um conhecimento mais específico e estruturado sobre determinado fenômeno.

Koslowski (1996) apresenta uma série de experimentos que suportam sua tese sobre a interdependência da teoria e evidência de uma maneira legitimamente científica. Na maioria desses casos, ela demonstra que participantes (crianças, jovens e adultos) levam em consideração o ‘mecanismo’, isto é, as relações que são entendidas como causais, quando avaliam evidências em relação a hipóteses sobre uma relação causal. Sendo assim, a utilização de estratégias de controle de variáveis, quando não é totalmente dominada, pode ser

influenciada pelo entendimento que o experimentador tem sobre ‘o mecanismo’ daquele contexto.

O melhor desempenho no problema da planta pode ter ocorrido então, porque os alunos têm um conhecimento maior, ou uma familiaridade maior com o problema, assunto normalmente abordado nos currículos normais de Ciências e Biologia. O problema do vôo do avião, normalmente, não é abordado na escola em nenhuma disciplina ou ano. A análise qualitativa dos resultados, considerando-se também as justificativas dos estudantes ao avaliarem cada comparação, irá permitir inferências mais fortes sobre a questão.

#### *Dificuldade de cada comparação*

Analisamos a porcentagem de acertos de cada comparação. Isso é importante para sabermos em quais tipos de comparações os alunos tiveram maiores dificuldades ao avaliar. Como as comparações dos dois problemas eram do mesmo tipo, grau de dificuldade e exigiam as mesmas habilidades de controle de variáveis, acreditávamos que as porcentagens de acerto de comparações do mesmo tipo seriam correlacionadas. A tabela 6 relaciona as porcentagens de acerto para cada uma das oito comparações:

Tabela 6 – Porcentagem de acertos para cada comparação

Ano	Porcentagem de acertos para cada comparação							
	Avião				Planta			
	1	2	3	4	1	2	3	4
8º ano	61,04	79,22	66,65	47,68	63,20	71,08	73,53	61,06
2º ano	67,88	85,72	85,90	44,84	72,53	77,14	91,29	76,64

Apesar da diferença nas porcentagens de acerto de cada comparação em relação à escolaridade, em apenas três dessas diferenças se mostraram estatisticamente significante: na comparação três do avião, e nas comparações três e quatro da planta.

As comparações três do avião e quatro da planta apresentam comparações inconsistentes em todas as variáveis. Os alunos do 8º ano tiveram um maior índice de erro ao avaliar essas comparações, talvez por possuírem um modelo de causalidade entre variáveis mais pobre do que alunos do 2º ano e assim, não perceberem que a estratégia de variar todas as variáveis é inadequada para se determinar a influência de apenas uma delas.

A comparação três da planta apresenta uma comparação consistente e correta, na qual a única variável que assume valores diferentes é a variável em foco. Porém, acreditamos que os alunos do 8º ano devem ter tido maior dificuldade, porque a comparação utiliza uma situação de ‘Pouco Sol’ e os alunos mais novos têm a concepção de que o sol é fundamental para o desenvolvimento da planta, avaliando assim, a comparação como ruim.

A comparação quatro do avião teve o menor índice de acerto para ambos os anos. É interessante notar também, que essa foi a única comparação na qual os estudantes do 8º ano obtiveram uma média de acerto superior à do 2º ano. Demos então, atenção especial a ela.

A comparação quatro do avião, como já foi dito, ilustra uma comparação que está correta se analisarmos apenas o controle de variáveis, pois há a mudança de apenas uma variável (corpo do avião) e as duas outras variáveis (asas e cauda) são mantidas constantes. Porém, a variável contrastada não é relevante para a solução do problema proposto e a comparação é ruim para avaliarmos a influência da asa na maneira do avião voar. Isto pode explicar o fato dos alunos do 8º ano terem obtido uma média de acerto um pouco superior nessa comparação em relação aos alunos do 2º ano. Pois, se é verdade que os alunos de 2º ano possuem uma estratégia mais adequada de controle de variáveis, eles poderiam tender a avaliar essa comparação levando em consideração apenas este fator, desconsiderando o objetivo da atividade. Já os alunos do 8º ano, talvez, avaliaram essa comparação levando em consideração outros aspectos, irrelevantes para o controle de variáveis.

Verificamos que a média de acertos dos alunos do 8º ano que avaliaram a comparação quatro do avião corretamente (6,26 - SD = 2,02) é bem superior à dos alunos que a avaliaram erroneamente (4,33 - SD = 1,94). Tal fato repete-se para o 2º ano, no qual a média de acertos para os alunos que a avaliaram corretamente (7,40 - SD = 1,19) é sensivelmente maior à dos alunos que a avaliaram erroneamente (4,91 - SD = 1,56).

Essa foi também a comparação mais errada entre os estudantes de ambos os graus de escolaridade que acertaram sete comparações. 60,71% desses estudantes avaliaram-na erroneamente, o que indica também, uma dificuldade maior em avaliar comparações deste tipo.

Já a comparação de maior índice de acerto variou de problema. Os alunos do 8º ano tiveram mais facilidade em avaliar a comparação 2 do avião enquanto os alunos do 2º ano avaliaram melhor a comparação 3 da planta. Porém, essas comparações são, em termos de exigência de domínio de ECV, do mesmo tipo, o que indica que os estudantes tiveram maiores facilidades e dificuldades em comparações do mesmo tipo.

### *Coerência na avaliação*

Apesar dos alunos dos dois níveis de escolaridade terem tido facilidades e dificuldades maiores em comparações semelhantes, essa relação de semelhança com comparações do mesmo tipo parece que não se repetiu. A diferença entre as porcentagens de acertos dos alunos na comparação 4 do avião e 1 da planta, tanto para o 8º ano (47,68% contra 63,20%), quanto para o 2º ano (44,84% contra 72,53%) foi muito grande. Para as demais comparações, houve também, certa diferença.

Para podermos avaliar a coerência na avaliação das comparações semelhantes, disponibilizamos na tabela 7, o número e porcentagem de alunos por grau de escolaridade que, ao errarem alguma comparação da atividade demonstraram ser coerentes, ou seja, avaliaram erroneamente comparações do mesmo tipo. A coerência demonstra que o aluno percebeu semelhanças entre as comparações do mesmo tipo (apesar da diferença entre os problemas) e utilizou alguma concepção ou estratégia para avaliá-las.

Tabela 7 – Porcentagem de alunos coerentes por turma

<b>Ano</b>	<b>Alunos coerentes</b>
8º ano	20 / 95 <sup>a</sup> (21,05%)
2º ano	14 / 53 <sup>a</sup> (26,42%)

<sup>a</sup> Número de alunos que avaliaram pelo menos uma comparação erroneamente.

O número de alunos que demonstraram coerência ao avaliarem as comparações é relativamente baixo e a diferença entre o grau de escolaridade é pequena. Isso nos deixa um pouco preocupados porque, a falta de coerência pode indicar uma falta de estratégia de controle de variáveis, ou seja, a grande maioria dos estudantes não identificou semelhanças entre as comparações quando as avaliou. Somente com uma análise qualitativa, na qual considera as justificativas dadas pelos estudantes, é que poderemos definir melhor esse quadro.

### *Rendimento escolar*

Tentamos verificar a existência da relação do rendimento escolar dos estudantes com o domínio de melhores estratégias de controle de variáveis. Para isso, solicitamos à coordenação do colégio o fornecimento das notas dos alunos referentes às duas primeiras etapas letivas. Dividimos cada turma de acordo com o rendimento escolar em três subturmas, considerando os quartis calculados. Após essa divisão, juntamos todos os alunos em três subturmas:

- Subturma 1 – (ST1) – Alunos cujo rendimento esteja acima de Q3;
- Subturma 2 – (ST2) – Alunos cujo rendimento esteja entre Q3 e Q1;
- Subturma 3 – (ST3) – Alunos cujo rendimento esteja abaixo de Q1;

A utilização da divisão por quartis da turma, elimina efeitos como as diferenças de avaliação entre cada professor, pois os alunos são classificados dentro da própria turma, de acordo com seu rendimento e a média da turma. A tabela 8 apresenta a média de acerto de cada subturma. Podemos ver que há uma grande dependência do rendimento escolar com o resultado da atividade para o 8º ano. A média de acerto da subturma ST1 foi superior à da ST2, que foi superior à da subturma ST3, sendo que a última, apresentou uma média bem inferior às demais. No 2º ano, a média de acerto da subturma ST1 foi também superior às demais. Assim, para ambas as escolaridades, alunos com melhor rendimento acertaram mais itens que os outros alunos. Porém, a subturma ST3 obteve uma média superior à ST2. A diferença das médias da ST1 e ST2 foi estatisticamente significativa.

Podemos ver que as diferenças entre as subturmas são menores no 2º ano do Ensino Médio. Isso pode ser entendido levando em consideração dois aspectos: o desenvolvimento das habilidades cognitivas naturais da criança, que aperfeiçoam com a idade, e a educação em

física e em matemática, o que ameniza o efeito do rendimento escolar sobre o domínio de tais habilidades.

Tabela 8 – Média de acertos das subturmas

Ano	Subturmas	Média de Acertos
8º ano	ST1	6,35 (SD = 1,86)
	ST2	5,44 (SD = 2,119)
	ST3	3,55 (SD = 1,72)
2º ano	ST1	7,11 (SD = 1,37)
	ST2	5,55 (SD = 1,93)
	ST3	5,95 (SD = 1,81)

No 8º ano, a grande maioria dos alunos que demonstrou robustez pertencia às subturmas ST1 ou ST2. Apenas 1 aluno da subturma ST3 demonstrou robustez. Nas turmas de 2º ano, essa diferença não foi acentuada, e o número de alunos da subturma ST3 que demonstrou robustez chegou a 6.

Há indícios, assim como em pesquisas anteriores (Borges, Borges e Vaz, 2001), que alunos que apresentam um melhor rendimento escolar apresentam também um maior domínio de uma estratégia mais adequada de controle de variáveis. Tal fato pode também ser explicado de maneira inversa: os alunos que possuem um modelo correto de causalidade entre variáveis e dominam a estratégia adequada de controle de variáveis têm maiores possibilidades de compreender a matéria e os problemas relacionados à Física e à Química, obtendo assim, melhores rendimentos. Assim, o aumento na sofisticação do pensamento científico, quer em crianças ou em adultos, envolve a mudança de estratégia e o desenvolvimento do conhecimento. Isso fica evidenciado quando Schauble (1996, p.118) coloca que “o raciocínio apropriado suporta a escolha de uma estratégia apropriada de investigação e a válida e sistemática estratégia de investigação suporta o desenvolvimento de um conhecimento mais apurado e complexo”.

## Conclusões

Acreditamos que uma das melhores formas de trabalhar assuntos relacionados à atividade científica com estudantes seja a imersão deles em ambientes que propiciem atividades investigativas e exijam uma atitude mais participativa e reflexiva. Durante essa atividade, os estudantes interagem entre si e aprendem sobre diversos fenômenos compostos por diversas variáveis.

Mas, para que haja uma compreensão satisfatória do objeto sob estudo, os estudantes precisam ter um modelo correto de causalidade entre as variáveis. Somente assim, é possível que eles dominem uma estratégia correta de controle de variáveis, reconhecendo a importância de se variar apenas a variável em foco, mantendo as demais constantes para a



obtenção de resultados confiáveis. Nosso entendimento é que tais questões devam ser explicitamente tratadas pelo currículo.

Este trabalho teve um caráter exploratório na medida que procurou identificar e comparar o desempenho de alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio ao avaliar comparações experimentais, procurando evidências de seu entendimento sobre estratégias de controle de variáveis.

Assim como pesquisas anteriores (Schauble 1996; Chen e Klahr, 1999), os resultados obtidos revelam que estudantes mais velhos apresentam um domínio maior de tais estratégias. Apesar dessa diferença, os alunos das duas faixas etárias analisadas apresentaram maiores dificuldades e facilidades na avaliação de comparações do mesmo tipo. Obtivemos também, para ambas as idades, uma porcentagem baixa de alunos coerentes, o que pode revelar que a maioria dos alunos não identificou semelhanças entre as comparações quando as avaliou.

Apesar de que ECV ser considerados por muitos uma habilidade cognitiva genérica, os estudantes que participaram desta pesquisa tiveram uma maior dificuldade em avaliar as comparações do problema do avião. Além disso, os estudantes que utilizaram o Livro 2 obtiveram médias de acertos superiores à dos que utilizaram o Livro 1. Isso demonstra uma certa dependência de ECV com relação à ordem da atividade, ao fenômeno explorado e ao entendimento da questão proposta. Obtivemos também, uma relação de interdependência entre o desempenho escolar do aluno e o domínio de ECV, pois esta habilidade facilita o entendimento e a aquisição de conhecimentos específicos sobre os problemas investigados.

Este trabalho tem algumas implicações para o Ensino de Ciências. A primeira delas é de que, se pretendemos utilizar atividades investigativas como forma de aprendizagem, é preciso, inicialmente, trabalhar com os estudantes a idéia de variável, as diferenças entre variável causal e não causal, grandezas variáveis e constantes, variável independente e dependente e idéias relacionadas, de forma clara e explícita. Além disso, é preciso que os alunos tenham um entendimento claro dos propósitos da atividade e do por quê de sua realização.

Uma segunda implicação é a de que não podemos esperar dos estudantes um bom entendimento de ECV e a sua generalização para quaisquer fenômenos ou problemas se não forem dadas a eles oportunidades de aprendê-las e praticá-las. Deve-se então, elaborar atividades investigativas específicas que estimulem os alunos a utilizar tais estratégias. Essas atividades, além de bem orientadas, devem ter uma grande participação dos estudantes, para que esses executem e reconheçam a importância do controle de variáveis na interpretação dos resultados, revisão de suas hipóteses iniciais e na mudança de suas concepções sobre o efeito de cada variável envolvida.

### **Referências Bibliográficas**

BARON, J.B. e STERNBERG, R.J. (Eds) (1987). Teaching thinking skills: Theory and practice. New York: W.H. Freeman & Co.

- BORGES, A. T. (1997). O papel do laboratório no ensino de Ciências. Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Águas de Lindóia, SP, 27 a 29 de setembro de 1997, p. 2-11.
- BORGES, A. T., BORGES, O. N. e VAZ, A. (2001). Planejamento da Solução de um Problema In: Atas do III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Atibaia, SP, de 07 a 10 de dezembro de 2001.
- BORGES, A. T., BORGES, O. N., SILVA, M.V.D. e GOMES, A.D.T. (2001). Resolução de problemas práticos no laboratório escolar. Atas do III Encontro Nacional de Pesquisa no Ensino de Ciências. Atibaia, SP, de 7 a 10 de novembro de 2001.
- CHEN, Z. E KLAHR, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, v. 70, n. 5, p. 1098-1120.
- DISSA, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10 (2 & 3), 105-225.
- KLAHR, D., e DUNBAR, K. (1988). Dual search space during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- KLAHR, D., FAY, A., & DUNBAR, K. (1993). Heuristics for scientific experimentation: A developmental study. *Cognitive Psychology*, 25, 111-146.
- KOSLOWSKI, B. (1996). *Theory and evidence: The development of scientific reasoning*. Cambridge, MA: MIT Press.
- KUHN, D., BLACK, J., KESELMAN, A. E KAPLAN, D. (2000). The Development of Cognitive Skills To Support Inquiry Learning. *Cognition and Instruction*, v. 18 (4), p. 495-523.
- LIJNSE P. L. (1995) Developmental Research as a way to an empirically based Didactical Structure of Science. *Science Education* 79, 189-199.
- MILLAR, R. (1991) A means to an end: the role of processes in science education. in Woolnough, B. (Ed.) *Practical Science - The Role and Reality of Practical Work in School Science*. Milton Keynes. Open University Press.
- SCHAUBLE, L. (1996). The development of scientific reasoning in knowledge-rich contexts. *Developmental Psychology*, 32, 102-119.
- SCHAUBLE, L., KLOPFER, L. E., e RAGHAVAN, K. (1991). Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 859-882.
- TSCHIRGI, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51, 1-10.