
PERCEPÇÃO DE ESTUDANTES SOBRE DESENHOS DE TESTES EXPERIMENTAIS⁺*

Antônio Tarciso Borges
Alessandro Damásio Trani Gomes
Colégio Técnico – UFMG
Belo Horizonte – MG

Resumo

Neste trabalho, examinamos a habilidade de estudantes em reconhecer testes experimentais adequados e consistentes e o efeito do conhecimento prévio sobre ela. Participaram da pesquisa 122 estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental e 78 do 2º ano do Ensino Médio. Os estudantes avaliaram a adequação de dois conjuntos de esquemas experimentais para testar o efeito de uma variável independente sobre outra dependente. Os resultados obtidos mostram que estudantes mais velhos e com maior escolaridade apresentam um domínio maior de uma estratégia adequada de controle de variáveis. Encontramos também dependência desta habilidade cognitiva com relação ao fenômeno explorado e ao modo como ele é apresentado.

Palavras-chaves: *Experimentação, atividades investigativas, controle de variáveis.*

Abstract

This study examines students' ability in distinguishing fair and consistent experimental tests from confounded and inadequate tests and the effect of prior knowledge on it. 122 students from Fundamental Education (8th grade) and 78 students from High School (2th grade) took part in this research. They were asked to assess the adequacy of two sets of experimental diagrams to test the effect of a variable on a dependent one. Results indicate that older students from High School are bet-

⁺ Students' perception of experimental tests design

^{*} *Recebido: agosto de 2004.*
Aceito: fevereiro de 2005.

ter at distinguishing adequate and consistent tests. They also show better understanding of the function of experiments and seem to have a richer repertoire of experimental strategies for setting tests. It was also found that the ability in controlling variables in a correct way depends on the phenomenon studied and on the way the situation is presented.

Keywords: *Experimentation, inquiring activities, variable skill control.*

I. Introdução

Nos últimos anos a pesquisa em educação em ciências tem destacado a meta curricular de promoção da compreensão dos estudantes sobre a natureza da ciência e da investigação científica (PAULA, 2004; HODSON, 1988; MILLAR, 1996; AKERSON, ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN; 2000). As diretrizes curriculares elaboradas pelo MEC para o ensino fundamental e médio também expressam esta orientação, contrapondo-a a ênfase tradicional do ensino das ciências em abordar exclusivamente os conteúdos científicos, ou seja, os produtos da atividade científica. Esta ênfase contribui para tornar o ensino de ciências dogmático e pouco compromissado com a promoção do desenvolvimento intelectual e moral dos aprendizes como argumentam Meyer e Woodruff (1997). Em vez de proporcionar aos estudantes oportunidades de vivenciar processos de construção de conhecimentos e de iniciação ao fazer científico, o ensino tal como acontece na maioria de nossas escolas privilegia a aprendizagem superficial de leis, conceitos, definições e fórmulas, em suma, a aprendizagem dos 'fatos da ciência'. Este ensino pouco contribui para promover o reconhecimento e a apreciação da importância da ciência como parte de nossa cultura, bem como compreender e valorizar as idéias e raciocínios poderosos desenvolvidos ao longo da história da humanidade para compreender e explicar o mundo, reduzindo a ciência em uma simples coleção de 'fatos', frutos de mentes geniais, mas frios, definitivos e imutáveis.

A pesquisa recente costuma caracterizar o ensino de ciências segundo suas dimensões principais. Hodson (1988) argumenta que o ensino de ciências deveria contemplar três dimensões do processo de aprendizagem: (i) aprender ciências; (ii) aprender sobre ciências e (iii) aprender a fazer ciências. Acreditamos que o sistema proposto por Millar (1996) é mais esclarecedor para permitir selecionar estratégias e materiais de ensino. Ele argumenta que qualquer currículo de ciências deveria perseguir três metas distintas: (i) A compreensão dos principais conteúdos da ciência, isto é, o conhecimento de modelos, idéias e teorias fundamentais para a formação de uma cultura científica; (ii) A compreensão dos métodos de investigação usados nas ciências; (iii) A compreensão da ciência enquanto um empreendimento social.

Embora parecidos, um sistema não mapeia exatamente o outro, pois para que o estudante possa aprender sobre a ciência ele precisa desenvolver uma compreensão básica acerca dos métodos de investigação científica e o papel das teorias e da experimentação na ciência e na escola. Concordamos com o argumento de que “aprender sobre ciências envolve a compreensão tanto dos métodos de investigação, quanto das dinâmicas sociais que caracterizam a ciência como um empreendimento cultural e social. Por outro lado, aprender a fazer ciências transcende o nível da compreensão, pois envolve aspectos de natureza tácita.”(PAULA, 2004, p. 8).

Julgamos que o laboratório escolar pode propiciar excelentes oportunidades para desenvolver o ‘pensar científico’ dos estudantes, embora não garanta necessariamente uma melhor compreensão dos modelos substantivos de ciências e da natureza da ciência (MILLAR, 1996; WHITE, 1996; HODSON, 1988; AAAS, 1990). Por outro lado, a sala de aula convencional parece ser um local melhor para abordar os modelos e idéias importantes da ciência, embora também não pareça ser o melhor local para se desenvolver o pensar científico. Podemos, no entanto, alternar estratégias de ensino nesses contextos e progredirmos em direção a ambas as metas curriculares. Temos experimentado diferentes estratégias e abordagens visando promover o desenvolvimento do pensar científico de nossos estudantes (BORGES, 2002; BORGES; BORGES; VAZ, 2001). Da mesma forma, Paula (2004) combinou um leque variado de estratégias e recursos, embora visasse principalmente promover o entendimento acerca da natureza da ciência.

Este trabalho é uma das iniciativas, dentro de um projeto de longo prazo, para desenvolver um currículo de Física que promova o desenvolvimento do pensar e do pensamento científico de nossos estudantes (BORGES; BORGES; VAZ, 2002). Acreditamos firmemente que o pensar científico é ensinável. Ensiná-lo, no entanto, é um propósito muito sensível e, sem dúvida, de longo prazo, tão difícil para ensinar quanto para desenvolver. Trata-se não apenas de adquirir um conjunto de habilidades, mas de formar hábitos e desenvolver competências, desenvolver a sensibilidade e o tirocínio, para adquirir aquilo que é a “arte” que caracteriza o pensamento científico em ação. Por exemplo, começamos na escola procurando fazer com que nossos alunos aprendam a reconhecer que métodos foram utilizados nas atividades práticas escolares para selecionar e coletar dados, por que foram estes métodos e não outros e aprender como discutir a validade dos resultados obtidos.

O laboratório de ciências pode ser um componente importante para a criação de um ambiente de aprendizagem que contribua para alcançarmos algumas dessas metas curriculares. Porém, a forma como as atividades laboratoriais são usualmente estruturadas, com o abuso de roteiros detalhados "tipo receita", impede que possam contribuir para isso. Diversos trabalhos (HODSON, 1988; WOOLNOUGH, 1991; BORGES, 2002) discutem os problemas e limitações das atividades práticas tradicionais, concluindo que elas carecem de valor educativo real, colaborando pouco

para a aprendizagem de conceitos, para despertar vocações científicas, além de projetar uma visão distorcida da natureza da atividade científica. Em vista disso, os pesquisadores educacionais recomendam uma reorientação dos trabalhos práticos, priorizando a substituição das atividades práticas tradicionais ou fortemente orientadas para processos, por uma combinação de atividades mais dirigidas, atividades com fraca orientação e atividades mais abertas, de natureza investigativa. Por investigação entendemos um problema prático colocado para exploração e busca de solução pelos alunos. Em nossos trabalhos, uma investigação é completada em poucas aulas, tipicamente elas envolvem de uma a seis horas-aula (BORGES; RODRIGUES; SANTANA, 2003; BORGES; BORGES; VAZ, 2001; BORGES; BORGES; SILVA; GOMES, 2002).

Para contornar as limitações dos contextos do laboratório e da sala de aula temos, em nossas pesquisas, solicitado aos estudantes para desenvolver planos para investigar problemas práticos com graus variados de abertura. Com isso pretendemos deslocar o foco da atividade dos estudantes de coletar dados e fazer cálculos e relatórios, para pensar sobre o problema, sugerindo decisões que levem à solução. Os estudantes devem se ocupar de questões como: que variáveis são importantes naquela situação, como desenhar experimentos incontroversos e que permitam obter resultados que possibilitem solucionar o problema proposto, como medir estas variáveis, quantas medidas devem ser realizadas, como os valores obtidos serão registrados e organizados, como tirar conclusões a partir das medidas realizadas.

Raras são as pesquisas sobre como os estudantes lidam com estas questões e mais raras ainda são aquelas que têm situações reais de sala de aula ou laboratório como contextos. Devido a essa escassez de pesquisa na área, ainda pouco se sabe sobre o entendimento e o domínio dos estudantes sobre certas habilidades relacionadas ao processo de investigação científica que são cruciais para a obtenção de uma solução satisfatória de um problema prático e que podem comprometer seriamente a validade e qualidade de suas afirmações sobre tal problema. Dentre essas habilidades, destaca-se a capacidade de realizar testes experimentais adequados e consistentes, ou seja, a habilidade de realizar experimentos nos quais apenas a variável em foco, cujo efeito deseja-se determinar, é alterada, enquanto que as demais são mantidas constantes, de forma que o experimentador possa inferir relações causais entre os fatores em jogo (GOMES; BORGES, 2004; BORGES; RODRIGUES; SANTANA, 2003).

O desenvolvimento do pensamento em crianças e adolescentes foi amplamente estudado por Inhelder e Piaget (1976). O pensamento operatório formal que surge por volta dos 12 anos encontra-se plenamente estabelecido por volta dos 14-15 anos. Nesta fase, o pensamento se torna livre das limitações da realidade concreta e surge uma nova forma de raciocinar, baseada no raciocínio hipotético-dedutivo. O adolescente é capaz de raciocinar a partir de possibilidades, de abstrair situações concretas e de realizar testes experimentais com controle de variáveis. Para Piaget o

pensamento formal constitui um sistema complexo e coerente, a essência da lógica do pensamento adulto educado e a forma básica do pensamento científico. Este entendimento do pensamento formal deu origem a muitas críticas e estudos revisando a teoria original (ver FISHER; SILVERN, 1985). Mas nossa motivação para a realização desse estudo não está relacionada à teoria do desenvolvimento de Piaget e seus desdobramentos. Em um estudo anterior, com estudantes que estavam concluindo o ensino médio (ver BORGES; BORGES; VAZ, 2001; 2002), constatamos que parte deles não conseguia planejar testes experimentais empregando estratégias simples de controle de variáveis, não distinguia um parâmetro constante de uma variável, também não distinguia variáveis que tinham efeito sobre a variável dependente de outras variáveis não-causais. Os currículos de ensino médio e mesmo de graduação se preocupam pouco com estas questões.

Nós estávamos envolvidos num projeto de desenvolvimento de um currículo de Física para o ensino médio e estas questões nos preocuparam. Afinal, o que poderíamos esperar que os estudantes aprendessem no laboratório, se não conseguissem compreender a função da experimentação na ciência e na escola? Entendemos que, para aprender sobre a ciência, o estudante deve desenvolver um entendimento de como os cientistas produzem novas teorias e conhecimentos. Mas necessita também compreender como os dados e evidências que suportam teorias específicas foram gerados, pois não se trata apenas de realizar observações ou fazer medidas; precisa principalmente, compreender o papel das teorias e da atividade experimental na ciência. As teorias são conjecturas, ou palpites bem informados, que dependem muito da imaginação e não são obtidas diretamente dos resultados dos experimentos e observações. Com isso queremos enfatizar nossa posição de que não devemos ensinar as teorias como sendo os 'fatos' da ciência, e que os dados não são gerados para explicar as teorias. Ao contrário, as teorias científicas foram e são desenvolvidas para explicar e interpretar os dados e fenômenos, além de permitir fazer previsões sobre novas situações. Desenvolver teorias bem fundamentadas e explorar suas conseqüências é um empreendimento árduo de desenvolver idéias visando compreender, explicar e compartilhar estas idéias com outros cientistas. É um processo social que depende da contribuição de muitas pessoas e pode envolver gerações de cientistas.

Nossa experiência como professores do ensino médio sugere que os adolescentes são bons em seguir instruções e demonstram domínio operativo de estratégias de experimentação em situações específicas, mas são menos seguros quanto ao entendimento conceitual que tais estratégias e instruções implicam. Há muito pouca informação disponível sobre o que nossos estudantes sabem acerca dos métodos que a ciência utiliza para a investigação de questões consideradas importantes e merecedoras de investigação. Decidimos focalizar apenas parte do problema e usando esquemas simples. Embora tenhamos coletado dados sobre como os estudantes percebem o papel das teorias e da experimentação na ciência e na escola, não desenvolvemos estes

aspectos no presente trabalho por uma questão de espaço. Estamos procurando compreender se os estudantes da educação básica conseguem distinguir bons experimentos de experimentos irrelevantes e inconsistentes, e que fatores afetam seu desempenho nesta tarefa.

II. Testes experimentais adequados e consistentes

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 (2002), 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. Apesar dos avanços, pouco se sabe sobre o entendimento dos estudantes acerca de 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 como sabemos o que sabemos e por que acreditamos no que acreditamos.

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, a realização de testes adequados e consistentes é 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 pode obter dados válidos.

Um teste experimental adequado e consistente é aquele que toma as variáveis propostas numa situação-problema e as manipula de maneira similar ao que Chen e Klahr (1999) definem como estratégia de controle de variáveis. O teste é adequado se a variável, cujo efeito deseja-se conhecer, é tomada como variável independente. O teste é consistente se apenas essa variável independente se modifica entre duas ou mais repetições do teste experimental, sendo que todas as outras variáveis são mantidas inalteradas.

A definição de teste adequado e consistente apresentada acima é suficiente para propósitos de análise de situações de aprendizagem. Enfatizamos aqui apenas o aspecto operacional das estratégias de controle de variáveis, uma vez que não

trabalhamos com os resultados de experimentos. Se o estudante o domina, ele deve ser capaz de planejar testes experimentais nos quais apenas a variável em foco, cujo efeito deseja-se determinar, é alterada, e as demais variáveis são mantidas constantes. Além disso, deve mostrar-se capaz de rejeitar experimentos inconsistentes, nos quais tal situação não ocorre.

Quando o controle de variáveis não é consistente, os estudantes geralmente (i) não reconhecem a variável dependente e quais são as variáveis independentes relevantes para a solução do problema. Isso faz com que desloquem sua atenção para variáveis irrelevantes durante a solução ou tratem parâmetros constantes como se fossem variáveis (BORGES; BORGES; VAZ, 2001); (ii) não controlam ou não determinam a influência de outras variáveis causais. Ambos podem resultar do uso de estratégias de controle de variáveis inadequadas, isto é, estratégias que possuem falhas lógicas ou metodológicas e que, ao final, contribuem para o insucesso na realização da atividade, já que suas conclusões e soluções ficam comprometidas.

Os trabalhos sobre as habilidades relativas ao processo de investigação conduzida por estudantes (SCHAUBLE; KLOPFER; RAGHAVAN, 1991) sugerem que as estratégias utilizadas durante uma atividade experimental, refletem os diferentes níveis de compreensão, tanto conceitual quanto procedimental, e que o conhecimento prévio afeta de forma decisiva essas estratégias, tendo um forte impacto sobre o teste de hipóteses (experimentação) e sobre a interpretação dos resultados.

Segundo essas pesquisas, quando indivíduos realizam atividades investigativas, seus conhecimentos anteriores, suas crenças e valores impõem, de algum modo, certos limites e vieses teóricos, tendo influência marcante na maneira como formulam hipóteses, na seleção de estratégias experimentais para coletar os dados e na avaliação das evidências.

Durante a atividade experimental, o conhecimento prévio do indivíduo pode ser caracterizado entre outros aspectos: (a) pelo entendimento que ele possui sobre os objetivos das atividades experimentais e do objetivo da atividade em questão; (b) pelo conhecimento sobre o domínio teórico específico ao qual a atividade se refere; (c) pela relação de causalidade entre as variáveis envolvidas.

III. Metodologia

Este trabalho aprofunda uma análise iniciada em um trabalho anterior (GOMES; BORGES, 2002), buscando compreender em que medida os estudantes podem reconhecer experimentos adequados e consistentes ao avaliarem a adequação de dois conjuntos de esquemas experimentais para testar o efeito de uma variável independente sobre outra dependente. Para tanto, tentaremos responder as seguintes questões: (a) Há diferenças significativas entre alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio quanto à habilidade de controlar variáveis? (b) Como e

em que medida, fatores como o domínio teórico e o entendimento sobre os objetivos da atividade influenciam nessa habilidade?

IV. Participantes

Os participantes são alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio de uma escola particular de classe média de Belo Horizonte, pertencente a uma rede de ensino confessional. A escolha da escola foi motivada apenas pela facilidade de acesso aos estudantes, garantida pelo coordenador da área de ciências. 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). Os dados para essa pesquisa foram coletados no mês de outubro de 2001.

V. Instrumento

Para este trabalho, desenvolvemos um instrumento de pesquisa adaptando as situações-problema aplicadas anteriormente por Chen e Klahr (1999). Preparamos um teste, consistindo de uma série de esquemas experimentais, que abordavam dois problemas diferentes, denominados de ‘problema do avião’ e ‘problema da planta’. Cada problema consistia na avaliação de quatro comparações entre dois desenhos distintos. Cada um dos dois desenhos ou esquemas apresentava cada sistema com um conjunto particular de variáveis, o contraste entre cada par de situações correspondia a um experimento.

O teste foi apresentado sob a forma de um livreto, com oito páginas e um esquema de um experimento em cada página (Fig. 1 e 2). Foram preparados dois tipos de livretos com as duas situações-problema, apenas com sua ordem alternada: o Livreto 1 inicia-se com o problema do avião e o Livreto 2, com o problema da planta. No Quadro 1 estão resumidas as características de cada problema.

Como podemos ver, os problemas apresentavam estruturas similares de variáveis, apesar de tratarem de domínios teóricos bastante diferentes. Ambos possuíam três variáveis causais, todas categóricas que assumem apenas dois valores. A linguagem utilizada para descrever os problemas e as variáveis foi propositadamente coloquial. Os dois problemas utilizavam comparações experimentais de quatro tipos diferentes:

Quadro 1. Características dos problemas abordados no teste.

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

^a Variável em foco ou relevante.

- Experimento adequado e consistente: aquele cuja variável em foco, relevante para a solução do problema proposto e cujo efeito se deseja determinar, assume valores diferentes, enquanto que as demais variáveis são mantidas constantes, sendo, portanto, o experimento correto para demonstrar o efeito da variável em foco em cada problema.

- Experimento inconsistente em uma variável: aquele em que além da variável relevante, uma segunda variável, irrelevante para a questão apresentada, também varia. Apenas um fator é mantido constante nesse experimento. Assim, esses experimentos são inadequados para determinar o efeito da variável relevante.

- Experimento inconsistente em todas as variáveis: aquele em que a variável relevante assume valores diferentes, juntamente com as demais variáveis. Estes experimentos são, então, inadequados para determinar o efeito da variável relevante.

- Experimento consistente, mas inadequado: aquele em que uma outra variável independente, mas irrelevante para o problema, assume valores diferentes, enquanto que a variável relevante é mantida constante. Estes experimentos, apesar de serem corretos quanto ao controle de variáveis, são inadequados para determinar a influência da variável relevante. As Fig. 1 e 2 ilustram os tipos de experimentos utilizados para as duas situações-problema. A numeração corresponde à ordem utilizada no livreto.

VI. 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 1 apresenta o número de alunos do 8º ano e do 2º ano que utilizou cada livreto.

Tabela 1 – Distribuição dos livretos entre os alunos.

Ano	Número de alunos	Livreto aplicado	Ordem do problema
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 orientados a prestar atenção às instruções fornecidas pelo pesquisador e a olhar para os desenhos (Fig. 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 determinar a influência do tamanho da asa sobre a maneira do avião voar. Para o problema da planta, procedemos de maneira semelhante.

Os alunos trabalharam individualmente durante todo o teste, seguindo seu próprio ritmo. Para cada experimento, eles foram orientados a marcar se o experimento era bom 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.

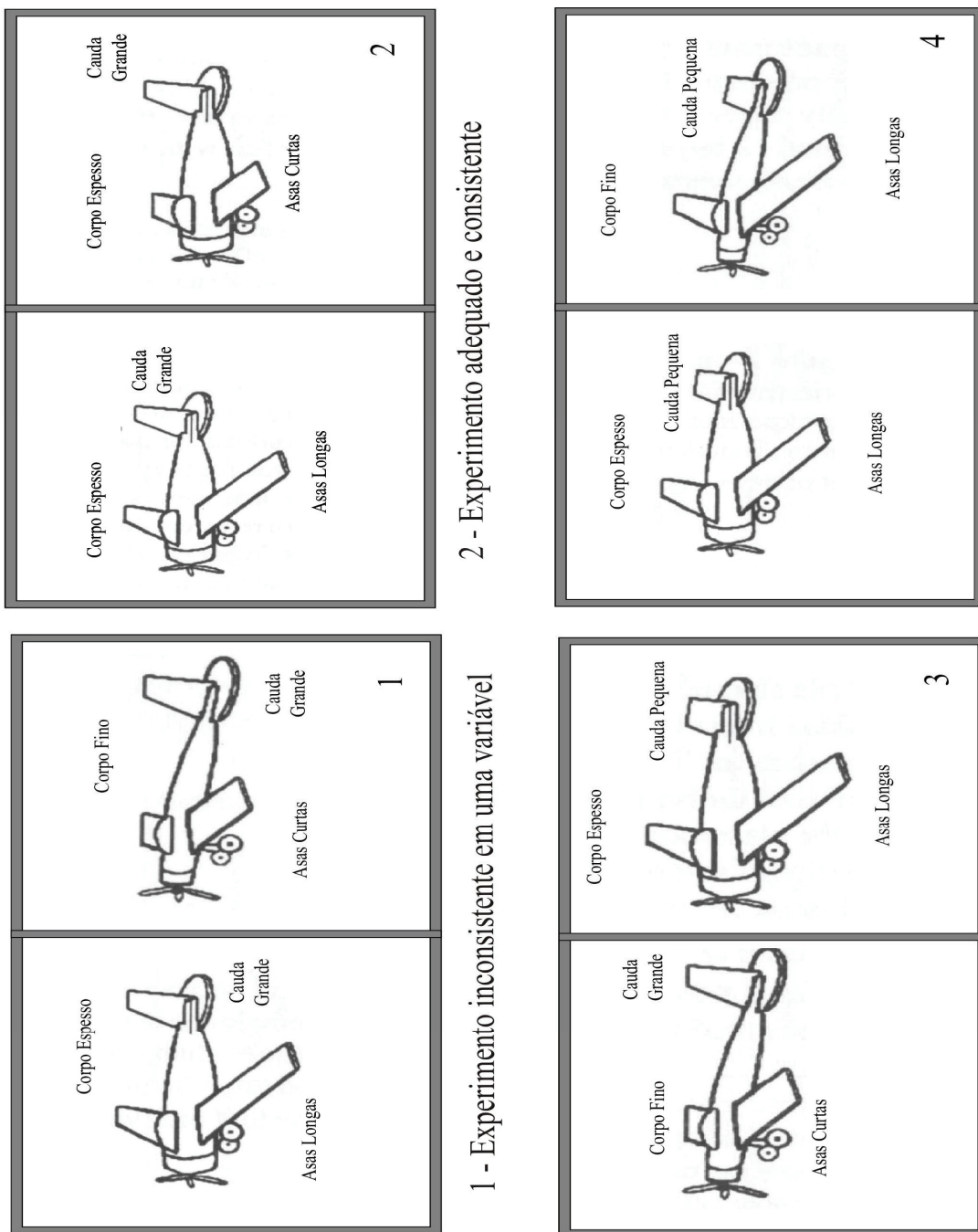
VII. Resultados e Discussões

Optamos por separar a análise e discussão em duas partes. A primeira delas (GOMES; BORGES, 2002), de natureza estritamente quantitativa, preocupou-se com a avaliação dos experimentos pelos alunos, considerando apenas as opções marcadas pelos estudantes (experimentos bons ou ruins). A segunda parte, de natureza qualitativa e quantitativa, analisa e classifica as justificativas dadas pelos alunos. Apresentaremos aqui os resultados dessa segunda parte.

Para que pudéssemos obter mais informações dos dados empíricos obtidos, fez-se necessário uma avaliação das justificativas dos alunos para cada um dos experimentos avaliados. Após várias passagens por todo o conjunto de justificativas, elaboramos um sistema de cinco categorias para classificá-las. Ao organizar a classificação, estivemos atentos, principalmente, à habilidade de controle de variáveis

que os alunos demonstraram ao justificar cada tipo de experimento. A tabela 2 apresenta o sistema de categorias que utilizamos.

Figura 1 - Experimentos utilizados para o problema do avião



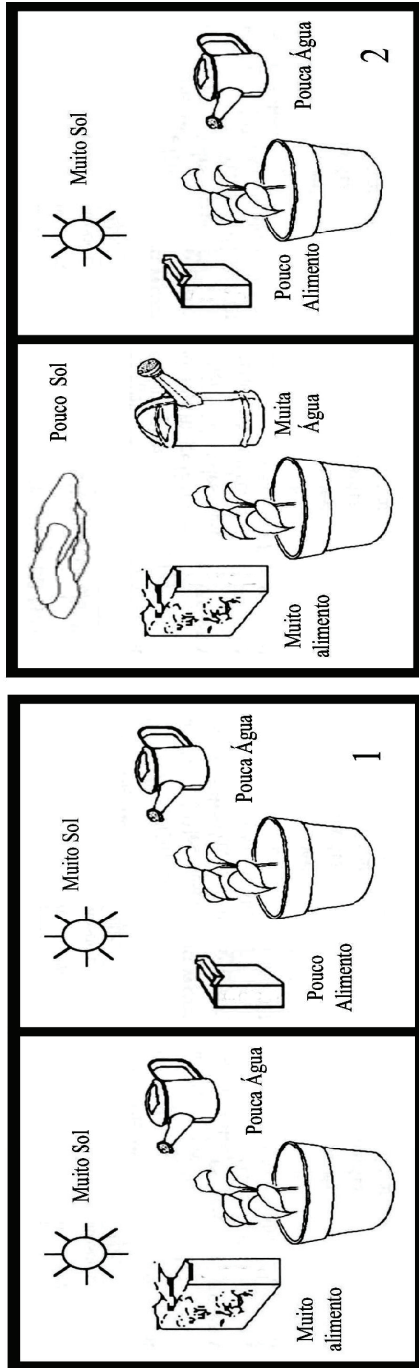
1 - Experimento inconsistente em uma variável

2 - Experimento adequado e consistente

3 - Experimento inconsistente em todas as variáveis

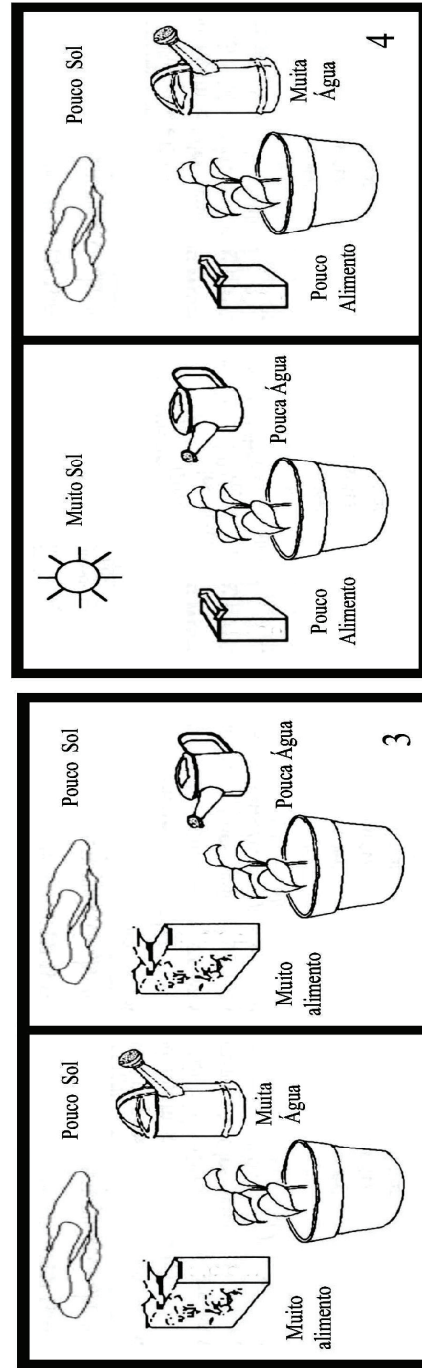
4 - Experimento adequado, mas inconsistente

Figura 2 - Experimentos utilizados para o problema da planta



1 - Experimento adequado, mas inconsistente

2 - Experimento inconsistente em todas as variáveis



3 - Experimento adequado e consistente

4 - Experimento inconsistente em uma variável

A seguir, descrevemos e analisamos detalhadamente cada uma das categorias estabelecidas. Apresentamos, também, exemplos para melhor compreensão das mesmas.

C1 - Justificativa completa e adequada

Quando o aluno apresenta esse tipo de justificativa, podemos perceber sua preocupação e o seu entendimento em relação ao controle de variáveis. Ele fala claramente da necessidade de se variar apenas a variável cujo efeito se deseja determinar e de manter as demais variáveis constantes. Além disso, ele não perde de vista o problema proposto, isto é, o de determinar o efeito de uma variável específica (no problema do avião, o efeito das asas, e no da planta, o efeito da quantidade de água). Como um exemplo, um estudante escreveu a seguinte justificativa para o experimento 2 do avião: *“Os corpos são iguais, o tamanho da cauda também, o contraste está nas asas (só as asas se modificam de tamanho) ele conseguiria analisar as condições dos aviões sem que nada interferisse no experimento”*.

C2 - Justificativa completa e inadequada

Essa justificativa demonstra que o aluno possui, também, um bom entendimento sobre controle de variáveis e reconhece sua importância na determinação do efeito da variável que é contrastada. Porém, ao justificar, o aluno desconsidera ou perde de vista o objetivo da atividade, preocupando-se apenas se o experimento apresenta ou não um caso de controle de variáveis, mesmo que a variável contrastada seja irrelevante para a solução do problema proposto. Um exemplo é a justificativa apresentada para o experimento 4 do avião que afirmava que *“O experimento é bom pois só se altera o tamanho dos corpos do avião.”*

C3 - Justificativa incipiente

A utilização dessa justificativa demonstra que o aluno ainda não domina totalmente o controle de variáveis, pois ele percebe que alguma outra variável também varia, mas ainda acredita que seja possível determinar o efeito da variável relevante. Ele falha, muitas vezes, em perceber quais as variáveis estão sendo contrastadas nos experimentos.

Como um exemplo temos a justificativa para o experimento 3 do avião: *“Com o corpo do avião diferente, as caudas são diferentes e as asas também e assim dará para perceber a diferença da asa e também dos outros objetos.”*

C4 - Justificativa precária

Classificamos como justificativa precária, aquela justificativa em que o aluno demonstra preocupação apenas com a variável cujo efeito se deseja determinar, independentemente das variações das demais variáveis. Tal justificativa revela um

compromisso maior com o objetivo proposto, não se importando com a lógica do experimento. Ou seja, o estudante revela que não tem consciência da importância do controle de variáveis para a lógica da experimentação.

Exemplo:

- “Porque uma planta recebe muita água e outra recebe pouca, podendo o resultado se diferenciar por causa da quantidade de água.” Justificativa para o experimento 2 da planta.

C5 - Justificativa irrelevante

Muitos alunos recorreram às suas concepções alternativas sobre os problemas (avião e planta) para avaliar os experimentos, explicitando assim, o seu senso intuitivo de mecanismo. O ‘senso de mecanismo’ é uma espécie de conhecimento pouco organizado, responsável pelas previsões, expectativas, explicações e relações de causalidade que jovens e adultos possuem sobre diversos fenômenos (DI SESSA; 1993). 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.

Tabela 2 - Categorias de justificativas

Código	Categoria	Descrição
C1	Justificativa completa e adequada	Justificativa que leva em consideração todos os aspectos do controle de variáveis, além da questão proposta.
C2	Justificativa completa e inadequada	Justificativa que, embora leve em consideração todos os aspectos do controle de variáveis, desconsidera o objetivo da atividade.
C3	Justificativa incipiente	Justificativa que inclui apenas alguns aspectos do controle de variáveis. Na maioria dos casos, a variável cujo efeito se deseja determinar é contrastada e alguma outra variável também varia. Essa variação é percebida pelo estudante, que a considera irrelevante.
C4	Justificativa precária	Justificativa na qual o aluno centra sua atenção apenas na variável em foco, desconsiderando o que acontece com as demais.
C5	Justificativa irrelevante	Justificativa que se baseia em alguma concepção alternativa do estudante, sendo irrelevante se considerarmos o controle de variáveis.

Todas essas justificativas não apresentaram qualquer indício de controle de variáveis e, muitas vezes, desconsideravam o objetivo da atividade. Porém, talvez devido à incompreensão do propósito das atividades, muitas justificativas demonstravam preocupação com o resultado final do experimento, ou seja, construir o

melhor avião ou promover o maior crescimento da planta. Este comportamento é semelhante ao modo típico de trabalho de engenheiro (SCHAUBLE; KLOPFER; RAGHAVAN,1991). Este é o caso da afirmação sobre o experimento 1 do avião: “Um avião com asa curta tem um vôo mais instável e um avião com asa longa terá um vôo mais estável porque a asa maior gera uma maior sustentação, mas o vôo será mais lento por causa do arraste”.

Tendo em vista essa categorização, descrevemos e analisamos os principais resultados obtidos.

VIII. Diferenças quanto à distribuição das justificativas

Nosso primeiro item de análise foi quanto à diferença entre a distribuição das justificativas nos dois níveis de escolaridade analisados. A tabela 3 apresenta essa distribuição, com a respectiva porcentagem das justificativas. No 8º ano houve uma ligeira predominância da categoria C5, seguida pela categoria C1.

Tabela 3 – Distribuição de ocorrência das justificativas.

Categorias das justificativas	Porcentagem de ocorrência das justificativas			
	8º ano		2º ano	
	N	%	N	%
C1	392	40,2	347	55,6
C2	35	3,6	16	2,6
C3	101	10,4	52	8,3
C4	31	3,2	18	2,9
C5	414	42,4	187	29,9
<i>Sem justificativa</i>	3	0,3	4	0,6
Total	976	100,0	624	100,0

As demais categorias somaram juntas apenas 17, 4 %. Das 414 justificativas do 8º ano categorizadas por nós como C5, 128 (30,9 %) apresentam indícios de que os alunos trataram os problemas segundo o ‘modo de engenharia’, proposto por Schauble, Klopfer e Raghavan (1991), apesar de deixarmos explícito que o objetivo da atividade era o de determinar o efeito das asas na maneira do avião voar e o de determinar o efeito da quantidade de água no crescimento da planta. Percebemos assim, que alguns alunos, ao analisarem os problemas, desconsideraram os objetivos

previamente propostos, e consideram objetivos mais práticos, visando à otimização do resultado, característicos do ‘modo de engenharia’ anteriormente citado. Esses alunos avaliaram os experimentos para, por exemplo, obter a configuração que proporcionasse o melhor vôo do avião ou o máximo crescimento da planta.

No 2º ano, houve uma predominância da categoria C1, seguida pela categoria C5. As demais categorias somaram apenas 14,4%. Assim como no 8º ano, 39 justificativas (20,9%), categorizadas como C5, apresentaram características do ‘modo de engenharia’. A diferença nessa porcentagem é significativa ($p = 0,011$), o que pode revelar que os alunos do 2º ano se prenderam mais aos objetivos propostos, tratando o problema de ‘modo científico’, como propõem Schauble, Klopfer e Raghavan (1991).

Há diferença estatística significativa ($p < 0,001$) entre o 8º ano e o 2º ano, nas porcentagens de ocorrência das justificativas que se enquadram nas categorias C1 e C5. Isso indica que as justificativas oferecidas pelos alunos do 2º ano que participaram da pesquisa tinham uma qualidade superior. Sendo assim, podemos inferir que esses alunos têm uma maior consciência da importância da utilização de testes adequados e consistentes para obtenção de resultados válidos. Além disso, 33 alunos (27,0 %) do 8º ano justificaram todos os experimentos utilizando justificativas do tipo C5, contra 12 alunos (15,4 %) do 2º ano.

É interessante ressaltar que assuntos relacionados com o controle de variáveis não são tratados na escola, de forma explícita, em nenhum ano ou disciplina do ensino Fundamental e Médio. A maior ocorrência das justificativas irrelevantes para o 8º ano pode indicar um menor domínio dessa estratégia, logo, uma menor capacidade de reconhecer testes adequados e consistentes, pois os alunos recorreram a suas concepções e idéias causais intuitivas para tentar resolver o problema proposto. Tal resultado pode indicar também um maior desconhecimento, por parte dos alunos do 8º ano, quanto ao significado do que seja realizar um experimento e os cuidados necessários durante sua realização.

Como se trata de um aspecto importante durante uma atividade investigativa, o controle de variáveis deve ser sempre levado em consideração, independente do tipo de atividade, grau de dificuldade e do domínio teórico da investigação. Para analisarmos a capacidade dos estudantes de avaliar os diversos experimentos corretamente, levantamos o número e porcentagem de alunos cujas oito justificativas tenham sido categorizadas como C1 (Justificativa completa e adequada). Isso indica três aspectos importantes:

- Indica que o aluno demonstrou, além da capacidade de reconhecer a importância dos testes adequados e consistentes, um entendimento claro do objetivo da atividade, levando-o em consideração quando avaliou os experimentos.

- Indica que o aluno domina bem a estratégia correta de controle de variáveis, pois soube aplicá-la independente do tipo de experimento e do problema envolvido.

- Indica, portanto, uma capacidade de generalização, ou seja, o aluno é capaz de aplicar a mesma estratégia em diferentes contextos, o que provavelmente está relacionado a uma boa compreensão da lógica da experimentação.

No 2º ano, 21 alunos (26,9%) utilizaram justificativas C1 em todos os experimentos. Esse número é significativamente ($p = 0,009$) maior que os 15 alunos (12,3%) do 8º ano que também utilizaram justificativas C1 em todos os experimentos.

Esses resultados fornecem indícios de que alunos com maior escolarização e idade têm um domínio maior e melhor das estratégias de controle de variáveis, conseguindo, portanto, reconhecer e talvez aplicar testes adequados e consistentes em diferentes situações e se mantêm mais fiéis aos objetivos da atividade proposta.

IX. O domínio teórico e a ordem dos problemas

A atividade consistia, como já vimos, em dois problemas cujos contextos eram bem diferentes. O problema da planta é mais voltado para o cotidiano, tendo ligações com estudos na área de Ciências e Biologia e envolve grandezas já conhecidas dos estudantes como quantidade de água, temperatura e alimento. Já o problema do avião é mais desafiador e tem ligações com a Física, envolvendo grandezas mais abstratas como pressão, atrito, viscosidade, sustentação aerodinâmica, etc. Assim, discutimos sobre como o conteúdo dos problemas pode ter afetado a avaliação dos alunos. A tabela 4 apresenta a distribuição das justificativas por categorias, de acordo com o tipo do problema para o 8º e 2º ano, respectivamente.

Podemos ver, que os estudantes do 8º ano apresentaram um desempenho similar na avaliação dos experimentos dos dois problemas. Isso indica que a diferença entre os domínios teóricos dos temas escolhidos não representou maiores problemas para esses alunos. Porém, 15 alunos (12,3%) tiveram desempenho muito diferente nos dois problemas, ou seja, para eles, a mudança do contexto representou certa dificuldade.

Já para o 2º ano, houve diferença significativa ($p = 0,029$) para a porcentagem de justificativas do tipo C5, conforme indica a tabela 4. Os alunos tenderam a justificar mais adequadamente o problema da planta. 7 alunos (9,0%) tiveram também desempenho muito diferente entre os problemas, indicando que esses alunos em especial, tiveram maiores problemas com a mudança do contexto.

O melhor desempenho no problema da planta pode ter ocorrido porque os alunos têm um conhecimento maior, ou uma familiaridade maior com o problema, já que esse assunto é, normalmente, abordado nos currículos normais de Ciências e Biologia. Entretanto, o problema do vôo do avião não é abordado na escola em nenhuma disciplina ou ano.

Tabela 4 – Distribuição das justificativas por categorias para o 8º e 2º ano, de acordo com o tipo do problema.

Categorias das justificativas	8º ano				2º ano			
	Avião		Planta		Avião		Planta	
	N	%	N	%	N	%	N	%
C1	194	39,8	198	40,6	164	52,6	183	58,7
C2	19	3,9	16	3,3	8	2,6	8	2,6
C3	53	10,9	48	9,8	24	7,7	28	9,0
C4	14	2,9	17	3,5	8	2,6	10	3,2
C5	207	42,4	207	42,4	106	34,0	81	26,0
Sem justificativa	1	0,2	2	0,4	2	0,6	2	0,6
Totais	488	100,0	488	100,0	312	100,0	312	100,0

Podemos recorrer à idéia do ‘sentido do mecanismo’, proposto por di Sessa (1993) para explicar esses resultados. Como os alunos do 8º ano ainda não tiveram aulas formais sobre pressão, atrito viscoso ou empuxo, aspectos relacionados com o problema do avião, eles não dispõem de conhecimentos estruturados específicos sobre o assunto. Sendo assim, as relações causais que envolvem esse domínio teórico são, provavelmente, mais fracamente entendidas e os alunos tenderam a utilizar outros recursos para responder à questão proposta, verificando que não havia a necessidade de conhecimentos teóricos para isso. Quando expressaram suas idéias e concepções, explicitando o mecanismo, pudemos identificar explicações mais simples e de senso comum, ligadas aos aspectos que, para eles, eram familiares, tais como velocidade, proporcionalidade ou equilíbrio. Já os alunos do 2º ano tiveram aulas de hidrostática, tendo portando, maior familiaridade com as grandezas referidas acima e intuições mais desenvolvidas sobre o que afeta o vôo do avião. Assim, os alunos que não reconheceram que para resolver a questão bastava a utilização de noções de controle de variáveis, empregaram suas concepções para tentar resolver os problemas propostos.

Para continuarmos a análise dos dados empíricos, examinamos se a ordem de apresentação e resolução dos problemas afetou ou não o desempenho dos estudantes. Pela tabela 5, vemos que os alunos do 8º ano que receberam o folheto 2 tiveram um desempenho superior, nos dois problemas, aos alunos que receberam o folheto 1.

Tabela 5 – Distribuição das justificativas do 8º ano por folheto.

Categorias das justificativas	8º ano				8º ano			
	Folheto 1 (A/P)		Folheto 2 (P/A)		Folheto 1 (A/P)		Folheto 2 (P/A)	
	Avião		Avião		Planta		Planta	
	N	%	N	%	N	%	N	%
C1	91	35,6	103	44,4	100	39,1	98	42,2
C2	15	5,9	4	1,7	13	5,1	3	1,3
C3	29	11,3	24	10,3	15	5,9	33	14,2
C4	8	3,1	6	2,6	7	2,7	10	4,3
C5	113	44,1	94	40,5	120	46,9	87	37,5
Sem justificativa	-	-	1	0,4	1	0,4	1	0,4
Totais	256	100,0	232	100,0	256	100,0	232	100,00

Com relação ao problema do avião, a porcentagem de justificativas C1 foi significativamente ($p = 0,043$) maior entre os alunos que receberam o folheto 2. Também houve diferença significativa ($p = 0,018$) entre a porcentagem de justificativas C2. Para o problema da planta, as diferenças mais significativas ($p < 0,036$) ficaram por conta das justificativas C2, C3 e C5. No 2º ano, os alunos que receberam o folheto 2 também obtiveram um melhor desempenho nos dois problemas (veja tabela 6), porém, a diferença entre os alunos foi menor. Para o problema do avião, houve diferença ($p < 0,025$) nas porcentagens das categorias C4 e C5 e, para o problema da planta, apenas na categoria C4 ($p = 0,029$).

O maior desempenho nos dois problemas, dos alunos que fizeram a atividade com o folheto 2 pode ser explicado considerando dois aspectos. O primeiro, relacionado à retenção dos objetivos das atividades. O fato da realização do problema da planta ter precedido o problema do avião, contribuiu para que os alunos compreendessem melhor os objetivos propostos, provavelmente por ser uma questão mais simples de ser respondida e familiar aos estudantes. A diminuição da porcentagem de justificativas da categoria C5 e C2 indica maior atenção dos alunos, pois as duas são justificativas que desconsideram o objetivo proposto para a atividade.

O outro aspecto está relacionado com a percepção de que a atividade independia de conceitos ou conhecimentos específicos para a sua realização. Assim, o problema da planta ajudou os estudantes a perceber que a atividade envolvia apenas o controle de variáveis e que bastava apenas atentar para esse fato. O aumento da porcentagem das justificativas C4 indica maior preocupação com a variável cujo efeito se deseja determinar.

Tabela 6 – Distribuição das justificativas do 2º ano por folheto.

Categorias das justificativas	2º ano				2º ano			
	Folheto 1 (A/P)		Folheto 2 (P/A)		Folheto 1 (A/P)		Folheto 2 (P/A)	
	Avião		Avião		Planta		Planta	
	N	%	N	%	N	%	N	%
C1	98	50,0	66	56,9	111	56,6	72	62,1
C2	4	2,0	4	3,4	7	3,6	1	0,7
C3	15	7,7	9	7,8	18	9,2	10	8,6
C4	2	1,0	6	5,2	3	1,5	7	6,0
C5	76	38,8	30	25,9	55	28,1	26	22,4
Sem justificativa	1	0,5	1	0,9	2	1,0	-	-
Totais	196	100,00	116	100,00	196	100,0	116	100,0

X. Coerência na justificação

De forma geral, os alunos dos dois níveis de escolaridade tiveram facilidades e dificuldades maiores nos mesmos experimentos e um desempenho semelhante entre os experimentos do mesmo tipo. Para podermos avaliar a coerência individual na avaliação dos experimentos semelhantes, apresentamos, na tabela 7, o número e porcentagem de alunos coerentes por grau de escolaridade. Consideramos coerentes aqueles alunos que utilizaram categorias de repostas idênticas para justificar os experimentos semelhantes dos dois problemas. Foram excluídos entre os alunos coerentes, os alunos que justificaram todos os experimentos com justificativas irrelevantes (C5).

Tabela 7 – Porcentagem de alunos coerentes.

Ano	Alunos coerentes
8º ano	28 / 89 (31,5%)
2º ano	33 / 66 (50,0%)

A porcentagem de alunos que demonstraram coerência ao avaliar os experimentos é relativamente baixa e a diferença entre o grau de escolaridade é significativa ($p = 0,02$). A falta de coerência pode indicar uma dificuldade de generalização das estratégias de controle de variáveis. A psicologia educacional sugere

que habilidades, como a de se controlar variáveis, desenvolvem-se com a idade e a escolaridade. Espera-se, portanto, que os alunos do 8º ano do Ensino Fundamental sintam maior dificuldade em perceber experimentos similares como tais. Por outro lado, há um crescimento significativo do percentual de alunos coerentes para os estudantes do 2º ano. Como a tabela 7 já desconsidera a porcentagem dos alunos que justificaram todos os experimentos com justificativas C5, podemos ver que 94 estudantes que participaram da pesquisa (47%) tiveram os seus desempenhos influenciados pela mudança do domínio teórico ou não identificaram semelhanças entre os experimentos quando os avaliaram.

XI. Conclusões

Uma das formas de se obter um ensino mais significativo, contextualizado e atualizado, é através da imersão dos estudantes em ambientes que propiciem atividades investigativas e exigem uma atitude mais participativa e reflexiva. Para que haja uma compreensão satisfatória da atividade, do objeto sob estudo e chegar a conclusões válidas sobre ela, os estudantes precisam desenvolver uma boa compreensão do que seja um experimento. O desenvolvimento de estratégias apropriadas de controle de variáveis e do reconhecimento da importância de se realizar testes experimentais adequados e consistentes para a obtenção de resultados confiáveis é, dessa forma, fundamental. Entendemos que tal questão deve ser explicitamente tratada pelo currículo.

Este trabalho, que continua a análise iniciada em um trabalho anterior (GOMES; BORGES, 2002), procurou conhecer em que medida os estudantes são capazes de reconhecer um teste adequado e consistente distinguindo-os de testes inconsistentes e controversos, além de identificar os fatores que influenciaram os alunos do 8º ano do Ensino Fundamental e do 2º ano do Ensino Médio na avaliação da adequação de dois conjuntos de experimentos para testar o efeito de determinada variável sobre outra.

Assim como na pesquisa anterior, os resultados da análise qualitativa revelam que estudantes mais velhos e com maior escolaridade apresentam um domínio maior de uma estratégia adequada de controle de variáveis, reconhecendo melhor a importância da utilização de testes adequados e consistentes. A habilidade de se controlar variáveis é considerada por muitos uma habilidade cognitiva genérica, por exemplo, a teoria piagetiana considera o esquema de controle de variáveis como uma característica do pensamento formal. No entanto, nossos resultados corroboram os resultados de outras pesquisas (SCHAUBLE; KLOPFER; RAGHAVAN, 1991; CHEN; KLAHR, 1999) indicando que fatores como o entendimento que os estudantes têm sobre o domínio e os objetivos da atividade realizada tiveram uma influência significativa na sua realização. Nossos resultados sugerem ainda que a dependência

desses fatores para o reconhecimento de testes adequados e consistentes diminui com a idade e a escolarização do indivíduo. Obtivemos também, para ambos os grupos de estudantes, uma porcentagem baixa de alunos coerentes, o que pode revelar que a maioria dos alunos não identificou semelhanças entre os experimentos dos dois problemas quando os avaliou.

Como mencionamos anteriormente, entendemos que para aprender sobre a ciência o estudante precisa desenvolver um entendimento de como os cientistas produzem novas teorias e conhecimentos, precisa também compreender como os dados e evidências que suportam teorias específicas foram gerados, pois não se trata apenas de realizar observações ou fazer medidas, e precisa principalmente, compreender o papel das teorias e da atividade experimental na ciência. A pesquisa sobre a habilidade dos estudantes em reconhecer e em realizar testes experimentais adequados e consistentes é necessária para que possamos encontrar meios de ajudá-los a desenvolver um entendimento sólido sobre algumas dessas questões.

XII. Referências Bibliográficas

A.A.A.S. **Science for all americans - Project 2061**. New York: Oxford University Press, 1990. 272 p.

AKERSON, V. L.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 4, p. 295-317, 2000.

BORGES, A. T. O papel do laboratório no Ensino de Física. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, I, 1997, Águas de Lindóia. **Atas...** p. 02-11.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de Ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BORGES, A. T.; BORGES, O. N.; VAZ, A. Planejamento da solução de um problema. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, III, Porto Alegre. **Anais...** ABRAPEC, 2001, v. 1, p. 1-12. 2001.

BORGES, O. N.; BORGES, A. T.; SILVA, M. V. D.; GOMES, A. D. T. Situações inesperadas no laboratório escolar. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VIII, 2002, Águas de Lindóia. **Atas...** São Paulo: SBF, 2002.

BORGES, O. N.; BORGES, A. T.; VAZ, A. M. Quatro planejamentos da solução de um problema. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VIII, 2002, Águas de Lindóia. **Atas...** São Paulo: SBF, 2002. p. 1-19.

BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A.; SANTANA, R. E. A Física do som: uma abordagem baseada em investigações. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IV, 2003, Bauru. **Atas...** São Paulo: Abrapec/Unesp, 2003. p. 1-12.

CHEN, Z.; KLAHR, D. All other things being equal: acquisition and transfer of the control of variables strategy. **Child Development**, v. 70, n. 5, p. 1098-1120, 1999.

DI SESSA, A. A. Toward an epistemology of Physics. **Cognition and Instruction**, v. 10, n. 2 e 3, p. 105-225, 1993.

FISCHER K.; SILVEM L. Stages and individual differences in cognitive development. **Annual Review of Psychology**, v. 36, p. 613-648. 1985.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T. Controle de variáveis e experimentação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VIII, 2002, Águas de Lindóia. **Atas...** São Paulo: SBF, 2002.

GOMES, A. D. T.; BORGES, A. T. Fatores que influenciam o desempenho de estudantes durante investigações. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, IX, 2004, Jaboticatubas, MG.

HODSON, D. Toward a philosophically more valid science curriculum. **Science Education**, v. 72, n. 1, p. 19-40, 1988.

LIJNSE P. L. Developmental research as a way to an empirically based didactical structure of science. **Science Education**, v. 79, p. 189-199, 1995.

MEYER, K.; WOODRUFF, E. Consensually driven explanation in science teaching. **Science Education**, v. 81, n. 2, p.173-192, 1997.

MILLAR, R. A means to an end: the role of processes in science education. In: WOOLNOUGH, B. (Ed.). **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991. p. 43-52.

MILLAR, R. Science Curriculum for all. **School Science Review**, v. 77, 1996.

PAULA, H. F. **A ciência escolar como instrumento para compreensão da atividade científica**. 2004. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte.

INHELDER, B.; PIAGET, J. **Da lógica da criança à lógica do adolescente**. São Paulo: Pioneira, 1976.

SCHAUBLE, L.; KLOPFER, L.; RAGHAVAN, K. Students' transition from an engineering model to a science model of experimentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 28, p. 859-882, 1991.

WHITE, R. T. The link between the laboratory and learning. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 7, p. 761-774, 1996.

WOOLNOUGH, B. **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991. 203p.