

O DESEMPENHO DE ESTUDANTES NA REALIZAÇÃO DE INVESTIGAÇÕES

STUDENTS' PERFORMANCE IN CONDUCTING INVESTIGATIONS

Alessandro D. T. Gomes¹
A Tarciso Borges², Rosária Justi³

¹ Doutorando em Educação / FAE-UFMG, alessandro@coltec.ufmg.br

² Programa de Pós-graduação em Educação e Colégio Técnico / UFMG, borgesat@terra.com.br

³ Programa de Pós-graduação em Educação e Dep. Química / UFMG, rjusti@ufmg.br

Resumo

Este trabalho investiga de que forma fatores como a complexidade da atividade, o conhecimento teórico e o modelo de causalidade entre variáveis afetam a capacidade de estudantes de realizar testes adequados e consistentes. Esses testes são aqueles nos quais apenas a variável em foco, cujo efeito deseja-se determinar, é alterada, enquanto que as demais são mantidas constantes. Fizeram parte do material empírico da pesquisa dois questionários aplicados individualmente a 102 alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola técnica federal e a análise de 46 históricos de investigação que os alunos, em duplas, realizaram sobre movimento em plano inclinado, através de uma simulação computacional. Os resultados da pesquisa sugerem que a complexidade da investigação e o modelo de causalidade das variáveis envolvidas no problema são fatores importantes para definir o desempenho dos estudantes na atividade.

Palavras-chave: Atividades investigativas; Pensamento epistemológico dos estudantes, Estratégias de experimentação, Educação em ciências

Abstract

In this work we investigate how factors such as the problem complexity, conceptual knowledge about the domain and the model of causality affect students' capacity in using consistent and adequate experimental tests. These are tests in which only the focus variable is changed, while the others are kept constant. Two individual questionnaires were responded by 102 first-year middle-school students from a federal technical school. Additionally, the records of investigations of 46 pairs of students about the topic of movement on a ramp through computer simulation were examined. Results suggest that the complexity of the activity and students' model of causality of variables involved in the problem are important factors defining students' performance.

Keywords: Investigative activities; Students' epistemological thinking; Experimental strategies; Science education.

INTRODUÇÃO

Os últimos anos foram caracterizados por um interesse marcante em vários países na rediscussão das metas curriculares de ciências, motivada por uma insatisfação generalizada com os currículos então vigentes e pela rápida disseminação de novas tecnologias que vem modificando nossa vida em vários aspectos fundamentais. Educadores (Millar, 1991; AAAS, 1990) defendem que os currículos devem oferecer um ensino de Ciências mais significativo, aproximando-o da prática científica, além de preparar os estudantes para a cidadania e para lidar com as incertezas de um mundo em rápido processo de mudança. Segundo eles, 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.

A partir dessas preocupações educacionais e curriculares mais amplas, o debate sobre o laboratório escolar ganha nova importância. Diversos trabalhos (Borges, Borges, Silva e Gomes, 2001; Borges, 2002) 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 que elas projetam uma visão distorcida da natureza do fazer científico. Isso acontece porque, na maioria das vezes, não se promove o entendimento de como o conhecimento é produzido na ciência e, durante a aprendizagem, de como planejar e executar as atividades, de como interpretar e avaliar os resultados obtidos e de como julgar a qualidade das afirmações derivadas desses resultados. Em vista disso, pesquisadores e educadores vêm pensando maneiras de dar novo sentido e significado às práticas de laboratório, recomendando uma reorientação dos trabalhos práticos e priorizando a substituição das atividades práticas tradicionais por atividades mais abertas, de natureza exploratória e investigativa. O planejamento e execução de atividades investigativas reais podem contribuir para que o estudante estabeleça conexões entre a natureza da ciência e seus conceitos, e os procedimentos e atitudes da atividade científica, visando possibilitar não apenas a compreensão conceitual, mas também o entendimento dos estudantes sobre os aspectos particulares do fazer científico.

Para a implementação desse tipo de atividade pode-se utilizar vários recursos, dentre eles, as novas tecnologias da informação disponíveis, como sistemas de aquisição automática de dados e simulações computacionais. Muito se tem argumentado sobre a utilização e a implementação de atividades de exploração e investigação no ensino de ciências. Entretanto, pouco se sabe sobre o entendimento dos alunos sobre questões 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. A pesquisa sobre as habilidades e desempenho dos estudantes durante as atividades práticas é importante para a identificação de novos objetivos para os currículos de Ciência em áreas que, previamente, eram consideradas como não problemáticas. Além disso, Meyer e Carlisle (1996) argumentam que uma melhor compreensão do que os estudantes pensam e fazem durante as atividades de laboratório pode contribuir para elucidar e definir melhor a importância e o papel do laboratório dentro do currículo de ciências.

A utilização das atividades exploratórias e investigativas no ensino de Ciências como uma estratégia de ensino-aprendizagem na educação básica e primeiros anos da universidade, possibilita ao estudante contextos para aprender o que significa fazer ciências. No entanto, esse

tipo de aprendizagem depende, principalmente, de o estudante ser capaz de entender a importância da atividade experimental, bem como ser capaz de planejar e conduzir testes experimentais simples e poder, ao final, discutir e argumentar frente aos resultados obtidos (Borges e Gomes, 2005). Argumentamos que para que o estudante possa tirar proveito das atividades exploratórias e investigativas, ele deve estar apto a compreendê-las como atividades de resolução de problemas práticos pouco definidos. Torna-se necessário que ele tenha desenvolvido certas habilidades relacionadas ao processo de investigação científica. Dentre essas habilidades, destaca-se a capacidade de realizar testes experimentais não-controversos 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.

O objetivo desse trabalho é investigar de que forma fatores como a complexidade da atividade, o conhecimento conceitual específico e o modelo de causalidade dos estudantes afetam suas estratégias durante o processo de investigação.

TESTES EXPERIMENTAIS ADEQUADOS E CONSISTENTES

Nosso interesse nesse trabalho, assim como no projeto de pesquisa no qual este se insere, concentra-se no estudo de como os estudantes de ensino médio resolvem problemas práticos de natureza investigativa apresentados a eles. Esperamos obter uma melhor compreensão de como os alunos compreendem o problema e modelam o processo de investigação, o que eles já sabem sobre planejamento e execução de uma investigação, qual é o seu conhecimento atual sobre os processos de controle de variáveis e importância disso para a validação das evidências obtidas.

Um teste experimental adequado e consistente é aquele que toma as variáveis propostas numa situação-problema e as manipula de maneira a obter resultados não-controversos, que podem ser associados às variáveis controladas, similar ao que Chen e Klahr (1999) definem como estratégia de controle de variáveis (ECV). 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 são mantidas inalteradas. A definição de teste adequado e consistente apresentada acima é, na maioria das vezes, a mais adequada. Se o indivíduo a domina, ele deve ser capaz de planejar tais testes experimentais Além disso, deve mostrar-se capaz de rejeitar experimentos inconsistentes e confusos, quando não há base lógica para atribuir mudanças na variável dependente aos fatores que foram manipulados no experimento.

Enfatizamos aqui, que a estratégia de controle de variáveis comporta aspectos operacionais e lógicos. Do ponto de vista operacional, significa que o indivíduo tem domínio operativo e consegue implementar testes adequados e consistentes. Do ponto de vista lógico, ter domínio de um ECV significa estar habilitado a fazer inferências a partir dos resultados dos testes adequados e consistentes e, ao mesmo tempo, reconhecer a importância desses para a obtenção de resultados confiáveis e analisáveis.

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 para a solução do problema ou tratem parâmetros constantes como se fossem variáveis (Borges, Borges e 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 cognitivas relativas à pesquisa científica, que abordam como e porque estudantes utilizam determinadas estratégias de controle de variáveis (Schauble, Klopfer e Raghavan, 1991; Kuhn, Black, Kaselman e Kaplan, 2000), enfatizam que a escolha de determinada estratégia é influenciada, entre outros aspectos, (a) pelo conhecimento do domínio teórico que é abordado na investigação, (b) pelo modelo de causalidade que os estudantes possuem sobre as variáveis envolvidas e, (c) pela complexidade da investigação.

METODOLOGIA

Nesse trabalho tentou-se, desenvolver uma metodologia que, além de caracterizar o pensamento dos estudantes ao longo da atividade investigativa, permitisse relacionar o conhecimento mobilizado pelos estudantes com o seu desempenho durante a atividade. Portanto, podemos dividir a coleta do material empírico da pesquisa em dois momentos diferentes, nos quais foram utilizados instrumentos diferenciados. Num primeiro momento, levantamos o conhecimento dos alunos sobre o domínio conceitual específico de que tratava a investigação (plano inclinado e movimento acelerado) e os seus modelos de causalidade entre as variáveis de cada problema, através de questionários. Em seguida, com a realização da atividade investigativa, pudemos ver o efeito que estes aspectos tiveram sobre as estratégias dos alunos.

Sujeitos da pesquisa

Participaram da pesquisa 102 alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola federal de Belo Horizonte, com idades variando entre 14,9 e 18,3 anos. A média de idade dos alunos é de 16,2 anos e o desvio padrão igual a 0,7. Os dados foram coletados durante o ano letivo de 2003. Nessa escola, o currículo de Física tem um forte caráter experimental aproveitando-se da estrutura de laboratórios e de outros recursos disponíveis. Os alunos da escola realizam atividades práticas semanalmente. Optou-se por trabalhar com alunos do 1º ano do Ensino Médio principalmente por dois motivos. O primeiro foi a garantia de acesso aos estudantes. O segundo foi que, por serem ainda do 1º ano, a experiência dos alunos com atividades de laboratório ainda era limitada, mais parecida com a experiência de estudantes de outras escolas.

Instrumentos da pesquisa

Como foi dito anteriormente, o material empírico da pesquisa foi coletado utilizando-se vários instrumentos. Para uma maior organização, os instrumentos da pesquisa serão descritos separadamente, na ordem de apresentação aos alunos.

Questionário sobre conhecimento prévio do domínio teórico

Os alunos responderam a um questionário contendo uma questão aberta e sete questões fechadas sobre movimento em um plano inclinado e movimento acelerado. Esse questionário foi importante para determinar se os estudantes dominavam ou não o conteúdo sobre o qual a atividade investigativa trataria. Um grupo de seis professores com alguma experiência no ensino de física atuou com árbitro na validação do questionário. Estes árbitros tinham curso de especialização em ensino de física e alguns eram alunos de pós-graduação na área. Foi solicitado aos árbitros que avaliassem cada questão como indicador do conhecimento do estudante sobre força e movimento, atribuindo um escore de 0 a 3 para cada item. A seguir computamos os

escores médios de cada um dos itens e adotamos essa média como peso para os escores dos estudantes.

Questionário sobre a causalidade de determinadas variáveis

Nesse questionário era descrita, de maneira detalhada, uma atividade experimental hipotética (na realidade a mesma que os alunos faziam através da simulação computacional). Em seguida, foi solicitado aos estudantes que respondessem sobre a causalidade de determinadas variáveis (distância, atrito entre a esfera e a rampa, massa da esfera e inclinação da rampa). Os estudantes eram perguntados se esperavam que cada uma das variáveis apontadas teria ou não influência sobre o resultado do experimento. Era solicitado que justificassem suas respostas, explicando de que maneira ou porque acreditavam que determinada variável influenciava, ou não, no resultado.

A atividade de simulação

A execução da investigação através de uma simulação computacional foi a atividade central da pesquisa. A opção por utilizar simulações computacionais em lugar dos experimentos didáticos se deu pela maior rapidez e facilidade em coletar os dados. A realização de uma atividade experimental tradicional exigiria muito tempo para a realização de cada investigação e para a coleta de dados, o que inviabilizaria a pesquisa.

A simulação utilizada, especialmente desenvolvida para a pesquisa, contemplou todas as características de uma atividade investigativa. De interface amigável, desenvolvida sob plataforma Windows, a simulação mostrou-se facilmente entendida e utilizada pelos alunos. Estes trabalharam em duplas, lembrando um pouco o formato das atividades no laboratório. O objetivo da investigação comunicado aos estudantes foi o de determinar o efeito de um conjunto de variáveis (independentes) sobre uma determinada variável (dependente). Dentre as variáveis independentes, havia variáveis causais (que influenciam na variável dependente) e uma variável não-causal (que não tem influência sobre a variável dependente).

Durante toda a coleta de dados, os estudantes preencheram os valores das variáveis independentes em espaços apropriados na tela, e justificavam numa janela as razões porque escolheram aqueles valores. Em seguida, ao clique de um botão, o programa calculava o resultado e o exibia por escrito ao lado de uma breve animação. Era, então, solicitado dos alunos um comentário sobre o resultado obtido. Ao finalizar o comentário, o aluno tinha a opção de continuar com a investigação, escolhendo outro conjunto de valores para as variáveis, ou sair do programa. Ao sair, todos os dados fornecidos, as justificativas e comentários eram armazenados em um arquivo para análise. Através deste arquivo, que representa o histórico da investigação, pode-se saber se os alunos realizaram testes experimentais adequados e consistentes, as estratégias utilizadas e se perceberam sua importância para a obtenção dos dados válidos.

Procedimentos

A coleta do material empírico da pesquisa ocorreu durante a semana dos dias 22 e 26 de setembro de 2003. Ela foi realizada durante o horário normal de aula dos estudantes. Os 102 alunos que participaram da pesquisa estavam divididos em 4 turmas. Cada turma inicialmente respondeu aos questionários. Depois realizou as atividades da simulação em uma aula de 100 minutos.

Para se investigar o desempenho dos estudantes na realização de investigações com diferentes graus de complexidade, nós desenvolvemos duas simulações: uma envolvendo quatro variáveis e a outra, apenas duas, ambas abordando o mesmo tema (movimento de uma bola num plano inclinado). A tabela abaixo descreve as principais características de cada simulação:

Tabela 1: Características das investigações abordadas na simulação

Tema	Problema	Número de variáveis	Variáveis	Tipo de variável
Plano Inclinado	Determinar quais fatores influenciam no tempo que uma bola gasta para descer uma rampa	2	Distância ^Φ	Contínua
			Massa da bola ^Ψ	Discreta
		4	Distância ^Φ	Contínua
			Atrito ^Φ	Discreta
			Inclinação ^Φ	Discreta
			Massa da bola ^Ψ	Discreta

^Φ Variáveis causais

^Ψ Variável não-causal

Todos os dois questionários foram aplicados individualmente, sendo que apenas um questionário era oferecido aos estudantes por vez. À medida que eles completavam um questionário, este era recolhido e eles recebiam um outro. Não houve tempo estipulado para a realização de cada atividade. A atividade investigativa através da simulação computacional foi realizada em duplas, após a entrega dos questionários. A opção por duplas de alunos foi feita tentando aproximar o ambiente da pesquisa ao de um laboratório escolar, no qual o estudante raramente trabalha sozinho e visando contribuir para aumentar as discussões.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tendo em vista os objetivos propostos e a revisão bibliográfica realizada, dividimos a análise dos resultados obtidos em três sessões, que serão discutidas a seguir. Toda a análise realizada baseou-se na comparação entre os dois grupos de estudantes: aqueles que realizaram a investigação com quatro variáveis e aqueles que realizaram a atividade com duas variáveis.

Conhecimento do domínio teórico

Analisamos se havia alguma diferença entre os dois grupos de estudantes quanto ao conhecimento do domínio teórico relevante para o problema (movimento em plano inclinado e movimento acelerado). O questionário aplicado foi submetido a um processo de validação por professores de física familiarizados com a pesquisa em ensino de ciências. Eles avaliaram cada item do questionário, tendo em vista sua adequação para o levantamento do conhecimento dos estudantes sobre o tema. Como resultado dessa avaliação, cada item recebeu um determinado peso e a nota de cada estudante foi determinada a partir de uma chave de correção que considerava os pesos atribuídos aos itens. Na tabela 2, estão representadas as médias de cada grupo, bem como o seu desvio padrão.

Tabela 2: Teste de Conhecimento Específico dos alunos

Número de variáveis	Número de alunos	Escore médio	Desvio padrão
2	42	62,74	20,86
4	60	60,33	24,22

Podemos perceber pelos números, que não houve diferenças significativas ($t(95) = -0,54$, $p = 0,593$) entre os grupos com relação ao conhecimento específico do domínio teórico que foi abordado na simulação. Sendo assim, qualquer diferença quanto às estratégias utilizadas pelos estudantes dos dois grupos não pode ser atribuída à diferença entre o conhecimento específico de cada grupo sendo, portanto, causada por outros fatores.

Efeito do número de variáveis

Examinamos a seguir como a complexidade do problema afeta as estratégias dos estudantes durante a investigação. Podemos variar a complexidade de uma atividade de investigação alterando o número de variáveis a serem analisadas, alterando o tipo de variáveis, ou modificando o domínio teórico abordado na atividade. Optamos por modificar a complexidade da atividade, alterando o número de variáveis.

Para fundamentar a análise, consideramos os arquivos, contendo os históricos das investigações realizadas pelas duplas. O primeiro item de análise diz respeito à quantidade de experimentos realizados. Pela tabela 3 pode-se ver que, apesar da diferença entre as médias do número de experimentos realizados não ser estatisticamente significativa ($F(1,44) = 2,00$, $p = 0,164$), há uma diferença de pouco mais de um experimento entre os dois grupos. Ou seja, as duplas que realizaram a investigação com quatro variáveis realizaram, em média, mais experimentos do que as duplas que realizaram a atividade com duas variáveis. Nossa expectativa era de que as duplas investigando o problema com quatro variáveis realizassem um número significativamente maior de experimentos. Esse resultado é justificado pelo fato de o espaço experimental (Klahr e Dunbar, 1988) da atividade com quatro variáveis, que é representado pelo número de combinações possíveis entre as variáveis, ser bem mais amplo. Mas, como explicar a diferença nos padrões de comportamentos dos dois grupos? São vários os fatores que limitam a exploração do problema, dentre eles a duração da atividade, o envolvimento com a tarefa e as crenças dos estudantes sobre a influência ou não de certas variáveis.

Tabela 3: Número de experimentos realizados

Número de variáveis	Número de históricos analisados	Média e desvio padrão do número de experimentos
2	19	5,2 (1,9)
4	27	6,3 (3,2)

Através dos históricos, levantamos a quantidade de experimentos adequados e consistentes realizados pelas duplas. Pela tabela 4, nota-se uma diferença significativa entre as porcentagens dos dois grupos analisados ($\chi^2(1) = 8,397$, $p = 0,004$). Pode-se concluir, então, que a quantidade de variáveis envolvidas na investigação afeta na capacidade dos alunos de realizar testes adequados e consistentes.

Tabela 4: Quantidade de experimentos adequados e consistentes realizados

Número de variáveis	Número de experimentos adequados e consistentes e total de experimentos	Porcentagem de experimentos adequados e consistentes
2	66 / 79	83,5
4	94 / 144	65,3

Este resultado era esperado. Para responder se uma das variáveis independentes afetava ou não o tempo (variável dependente), cada dupla precisava realizar, no mínimo, dois experimentos e contrastar seus resultados. Com o aumento do número de variáveis na atividade, aumenta a dificuldade de se realizar um teste adequado e consistente, pois o número de variáveis a serem controladas e, conseqüentemente, o número de experimentos que devem ser realizados é maior. A necessidade de um planejamento inicial de como conduzir a investigação torna-se mais importante. Sem ele, a probabilidade de realizar experimentos inconsistentes e inapropriados aumenta, dificultando inferências acerca dos efeitos das variáveis independentes.

O modelo de causalidade sobre as variáveis envolvidas

Pesquisamos o efeito do modelo de causalidade das variáveis envolvidas sobre o foco de atenção dos estudantes durante a investigação. Através do segundo questionário aplicado, os estudantes deveriam dizer se as variáveis envolvidas na simulação influenciavam ou não na determinação do tempo que a bolinha gasta para atingir o final da rampa. Após a análise das respostas dos estudantes, estas foram categorizadas segundo as categorias abaixo:

Resposta correta e justificativa coerente (CC): o aluno respondeu corretamente sobre a causalidade da variável e justificou sua opção de forma adequada e correta;

Resposta correta e justificativa incoerente (CI): o aluno, apesar de responder corretamente sobre a causalidade da variável, justificou sua opção de forma incoerente, incompleta e/ou inadequada;

Resposta errada e justificativa coerente (EC): o aluno respondeu de forma incorreta sobre a causalidade da variável, porém, ao justificar, tornou sua escolha coerente, pois apresentou um mecanismo causal que justificava sua resposta;

Resposta errada e incoerente: (EI): o aluno respondeu de forma incorreta sobre a causalidade da variável, e ao justificar apresentou resposta incoerente, incompleta e/ou inadequada.

Essa divisão entre justificativas coerentes e incoerentes surgiu para identificarmos os alunos que possuíam um “senso de mecanismo” mais desenvolvido dos outros. Para di Sessa (1993), 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. 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. Nas justificativas categorizadas como coerente, mesmo naquelas em que a causalidade ou não causalidade das variáveis era erradamente identificada, podia-se perceber uma linha de raciocínio lógico. Era esta linha de raciocínio que guiava as expectativas dos estudantes, o que não foi identificado nas justificativas categorizadas como incoerentes.

Tabela 5: Distribuição das categorias de justificação

Variável	Categorias de Justificação	Duas Variáveis (42 alunos)	Quatro Variáveis (60 alunos)
Inclinação da Rampa	CC	40 (95,2%)	51 (85,0%)
	CI	2 (4,8%)	8 (13,3%)
	EC	0	1 (1,7%)
	EI	0	0
Massa da esfera	CC	8 (19,0%)	12 (20,0%)
	CI	0	4 (6,7%)
	EC	32 (76,2%)	39 (65,0%)
	EI	2 (4,8%)	5 (8,3%)
Atrito entre a rampa e a esfera	CC	37 (88,1%)	43 (71,7%)
	CI	0	8 (13,3%)
	EC	4 (9,5%)	4 (6,7%)
	EI	1 (2,4%)	5 (8,3%)
Distância	CC	32 (76,2%)	39 (65,0%)
	CI	7 (16,7%)	15 (25,0%)
	EC	1 (2,4%)	3 (5,0%)
	EI	2 (4,8%)	3 (5,0%)

A tabela 5 representa a distribuição das categorias de justificação, de acordo com as variáveis envolvidas e com os dois grupos de estudantes analisados. Podemos perceber que a maioria dos alunos não teve problemas em identificar corretamente a inclinação, o atrito e a distância como variáveis causais. A única variável que gerou mais dúvidas e foi considerada erroneamente como causal pela maioria dos estudantes foi a massa da esfera. Percebemos ainda que a distribuição das categorias de justificação é semelhante, com diferença significativa entre os dois grupos apenas para a variável atrito entre a rampa e a esfera ($\chi^2(3) = 8,195$, $p = 0,042$). Essa igualdade da distribuição das categorias de justificação, juntamente com o resultado do questionário sobre o entendimento conceitual específico sobre o tema indica que os dois grupos de estudantes eram parecidos quanto ao conhecimento mobilizado para a realização da atividade.

Como pesquisas indicam que o modelo de causalidade entre as variáveis envolvidas no problema é fator decisivo para a definição do foco de pesquisa dos estudantes, levantamos a quantidade de experimentos adequados e consistentes realizados pelos dois grupos de alunos por variável envolvida. Os dados obtidos estão na tabela 6.

Tabela 6: Foco de atenção dos estudantes durante os experimentos adequados e consistentes

Fatores	Duas variáveis (19 duplas)	Quatro variáveis (27 duplas)
Distância	26	21
Massa da bola	40	35
Inclinação	-	19
Atrito	-	19
Total	66	94

Contra-pondo-se as tabelas 5 e 6, percebe-se que a variável massa, cuja expectativa de causalidade era, erradamente, forte em relação às demais variáveis, foi o principal foco de atenção dos estudantes. Pesquisas anteriores (Schauble, 1990; Kuhn, Amsel e O'Loughlin, 1988) sugerem que as variáveis identificadas previamente como não-causais não são devidamente exploradas na fase de investigação, recebendo pouca atenção dos estudantes. Uma hipótese que pode explicar o fato da variável massa ter merecido maior atenção dos estudantes é que as demais variáveis envolvidas (distância, inclinação e atrito) eram bastante intuitivas e não apresentavam dificuldades para que os estudantes considerassem-nas causais. Isso pode ser evidenciado pelo fato de que se dividirmos o número de experimentos adequados e consistentes de cada variável pelo número de duplas, obteremos valores menores do que um para as três variáveis do grupo de quatro variáveis e 1,4 para a variável distância, contra 2,1 para a variável massa, no grupo de duas variáveis. Tais resultados demonstram que houve duplas que nem testaram o efeito das outras variáveis (distância, inclinação e atrito) ou por já confiarem que elas eram causais ou, talvez, por disporem de pouco tempo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos objetivos do projeto no qual esse trabalho se insere é o de obter uma melhor compreensão teórica e prática sobre o desenvolvimento do pensar científico dos estudantes que pode resultar da resolução de problemas abertos em um ambiente de aprendizagem implementado no laboratório escolar, criado especialmente para deslocar o centro da atividade do aluno da manipulação de equipamentos e da medição para o pensar sobre o que se está fazendo.

Acreditamos que o uso de simulações computacionais pode contribuir para a superação de muitas das dificuldades relacionadas com o ensino e aplicação dos conceitos básicos de Ciências, fornecendo um ambiente que possibilite aos estudantes a modelagem de suas idéias, o uso e a revisão de seus modelos. A capacidade que as simulações computacionais possuem em apresentar fenômenos e permitir aos estudantes explorarem o comportamento dinâmico do sistema modelado cria uma oportunidade única para ajudá-los a revisar seus modelos mentais e produzir explicações mais sofisticadas para o fenômeno em questão.

Os resultados obtidos neste trabalho indicam que a complexidade da atividade, medida em termos do número de variáveis manipuladas, e o modelo de causalidade entre as variáveis envolvidas são fatores importantes não somente para a aplicação de testes adequados e consistentes, como também na determinação do foco de atenção dos estudantes durante a investigação.

Com o aumento das discussões sobre a viabilidade de implementação de atividades investigativas no Ensino de Ciências, essa pesquisa torna-se necessária para que possamos encontrar meios de ajudar os estudantes a desenvolver um entendimento sólido sobre os principais aspectos que envolvem a atividade científica, principalmente a utilização de testes experimentais adequados e consistentes. A implementação desses testes é um passo importante no desenvolvimento do indivíduo, uma vez que o seu domínio propicia um poderoso instrumento para auxiliar a produção de inferências e raciocínios que suportem a explicação de fenômenos com que tratamos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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.; Silva, M.V.D.; Gomes, A.D.T. A resolução de problemas práticos no laboratório escolar. In: **Atas do III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Atibaia: ABRAPEC, 2001.

Borges, A.T.; Borges, O.N.; Vaz, A. Planejamento da solução de um problema. In: **Atas do III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Atibaia: ABRAPEC, 2001.

Borges, A.T.; Gomes, A.D.T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n.1, p. 72-95, 2005.

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.

DiSessa, A. A. Toward an Epistemology of Physics. **Cognition and Instruction**, v.10, n.2 & 3, p.105-225, 1993.

Klahr, D.; Dunbar, K. Dual search space during scientific reasoning. **Cognitive Science**, 12, p.1-48, 1988.

Kuhn, D.; Amsel, E.; O'Loughlin, M. **The development of Scientific Thinking Skills**. San Diego: Academic Press, 1988.

Kuhn, D.; Black, J.; Keselman, A.; Kaplan, D. The Development of Cognitive Skills To Support Inquiry Learning. **Cognition and Instruction**, v. 18, n.4, p. 495-523, 2000.

Meyer, K.; Carlisle, R. Children as experimenters. **International Journal of Science Education**, v. 18, n. 2, p. 231-248, 1996.

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, p.43-52, 1991.

Schauble, L. Belief Revision in Children: The Role of Prior Knowledge and Strategies for Generating Evidence. **Journal of Experimental Child Psychology**, v.49, p.31-57, 1990.

Schauble, L.; Klopfer, L. E.; Raghavan, K. Students' Transition from an Engineering Model to a Science Model of Experimentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v.28, n.9, p.859-882, 1991.