

# SIMULANDO UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA NO COMPUTADOR\*

## SIMULATING AN INVESTIGATION IN THE COMPUTER

Alessandro Damásio Trani Gomes<sup>1</sup>

Antônio Tarciso Borges<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Educação e Colégio Técnico / UFMG, tarciso@coltec.ufmg.br

### Resumo

Nesse trabalho, exploramos a utilização de uma simulação computacional para a criação de um ambiente de investigação. Participaram da pesquisa 47 estudantes do ensino médio que exploraram uma simulação do movimento de um projétil para obter dados para a resolução de um problema relacionado ao seu alcance. A análise dos relatórios dos alunos indica que a maioria dos estudantes adotou boas práticas de investigação ao realizar a atividade, coletando um número suficiente de dados e organizando-os em tabelas. Gráficos foram construídos para auxiliar a análise e a formulação de respostas para as perguntas propostas. A partir de nossa análise discutimos as implicações para a pesquisa e para o ensino em ciências.

**Palavras-chave:** Simulação, Atividade investigativa, Ensino de Ciências; Resolução de Problemas

### Abstract

In this work we explore the possibilities and limitations of using computer simulation in order to create an investigative learning environment. 47 Middle School students took part in the study exploring a projectile motion computer simulation in order to obtain data to solve a problem concerning the projectile's range. Analysis of students' reports suggests that most of them have developed good investigative practices, as indicated by the the number of measures done and organization of data in appropriate tables. Almost all participants constructed graphs to help them with data analysis in order to get a solution to the task. Based on these results we discuss the implications for research in science education and science teaching.

**Keywords:** Simulation; Investigation, Science Education; Open problem solving.

---

\* Apoio CNPq

## INTRODUÇÃO

A educação em ciências tem um papel destacado no currículo nos anos finais da educação básica, e sua importância se baseia em dois pressupostos. Em primeiro lugar, a educação em ciências é passo importante na preparação inicial dos estudantes para que possam prosseguir seus estudos na universidade. Por outro lado, a educação em ciências deve satisfazer a procura de explicações pelos próprios estudantes e prepará-los para a vida como adultos responsáveis e saudáveis, em condições de exercer plenamente sua cidadania. Os dois pressupostos demandam que por um lado se atendam às expectativas de uma minoria que cursarão cursos superiores e de pós-graduação, e ao mesmo tempo, satisfazer às demandas de todos, independentemente de suas prioridades em termos de futuras carreiras.

A partir do início da popularização e disseminação dos computadores pessoais, várias iniciativas foram propostas para utilizá-los como ferramentas para o ensino e a aprendizagem, especialmente de ciências e matemática. Inicialmente pensava-se que o melhor uso dos computadores era possibilitar que os estudantes aprendessem programação, o que caracterizou um movimento influenciado pelas idéias de Piaget e Papert, que ficou conhecido com aprendizagem sobre computadores (Valadares; 2004), mas que teve pouco impacto na aprendizagem dos estudantes da educação básica. O projeto Educom é típico dessa época.

Um movimento mais recente, baseado na metáfora de “*aprender com os computadores*” (Valadares; 2004), concedeu primazia à criação de ambientes de aprendizagem virtuais de vários tipos, como os micromundos, aplicações multimídia e as simulações. Esses ambientes de aprendizagem são desenvolvidos para estimular a autonomia do aprendiz na exploração de formas alternativas de explicação de aspectos do mundo. As simulações são utilizadas para a produção e estudo de fenômenos difíceis de produzir em ambientes reais, por envolver equipamentos caros ou sofisticados. Também são ferramentas úteis para permitir a observação e estudo de sistemas muito grandes ou pequenos, e de fenômenos que acontecem em escalas de tempo além dos limites de nossa percepção (muito rápidos ou muitos lentos). As simulações podem ser usadas apenas como ferramentas para ilustração e demonstração de um fenômeno, ou para possibilitar a sua observação detalhada e mesmo efetuar medidas. Ambientes multimídia podem permitir explorar diferentes formas de apresentação de um fenômeno, combinando som, imagem e texto, além de possibilitar a cooperação de grupos de estudantes envolvidos com um mesmo problema. O uso não está dado pela tecnologia, mas pelas ações didáticas que são planejadas tendo em vista as potencialidades dos ambientes e dos aprendizes.

Atualmente, é extensa a crítica realizada sobre a forma como as atividades laboratoriais atuais estão estruturadas. Diversos trabalhos (Hodson, 1996; Barberá e Valdes, 1996; White, 1996; Borges, Borges, Silva e Gomes, 2001; Borges, 2002) discutem os problemas e limitações das atividades práticas tradicionais, apontando que elas projetam uma visão distorcida da natureza do fazer científico, pouco contribuindo para a aprendizagem de conceitos e para despertar vocações científicas.

Durante essas atividades, normalmente, não se promove o entendimento dos estudantes 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.

A partir 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 investigativa. Segundo várias pesquisas (Osborne, 1998; Hodson, 1988; Borges, 2002), 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 vários recursos estão disponíveis, dentre eles, sistemas baseados nas novas tecnologias da informação, como sistemas de aquisição automática de dados e simulações computacionais (Gomes, Silva, Borges, Borges, 1999, Gomes, Borges e Justi, 2005). Hoje, grande parte das pesquisas no ensino de ciências na área da tecnologia da educação focaliza, em termos gerais, as condições fundamentais necessárias para que a tecnologia melhore a educação, já que ela é apenas uma ferramenta entre muitas e que tem pouca influência, a menos que seja integrada em uma estrutura curricular e instrucional significativa. Assim, esse trabalho é, também, um esforço de explorar o uso de um, dentre os vários tipos de novas tecnologias no ensino de ciências, para a construção de ambientes que facilitem a aprendizagem de suas principais idéias.

Acreditamos que a implementação de atividades investigativas, através da utilização de simulações computacionais, pode contribuir para a superação de muitas dificuldades relacionadas com o ensino e aplicação dos conceitos básicos da ciência, propiciando a criação de um ambiente que possibilite aos estudantes o refinamento de seus conhecimentos através da elaboração, utilização e revisão de seus modelos. A capacidade que as simulações possuem de apresentar fenômenos e permitir a interação com a dinâmica do sistema modelado cria uma oportunidade única para ajudar os estudantes a explorar, contextualizar e compreender o fenômeno em questão.

O objetivo do presente trabalho é analisar o desempenho dos estudantes durante a realização da atividade investigativa. Mas este é apenas um recorte de um projeto mais amplo, que tem o propósito de obter evidências para discutir a viabilidade da implementação desse tipo de atividade no currículo de ciências, como alternativa para atividades de difícil realização com equipamentos convencionais.

## **A UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Ainda hoje, a literatura carece de informações sobre como, com quais recursos, abordagens e metodologias, podemos implementar ambientes que estimulem a investigação e desenvolvam o pensar e o pensamento dos estudantes. Isso é necessário se desejamos mudar a qualidade do ensino atual de ciências, ainda baseado numa visão de transmissão de conteúdos e fatos.

Nas últimas décadas, as poderosas ferramentas de acesso, tratamento e análise da informação, de visualização, de simulação e comunicação que têm modificado de forma substancial a pesquisa em Ciência e Matemática têm sido levadas para a área educacional, de forma a beneficiar tanto os professores como os estudantes. Essa disponibilidade cada vez crescente das tecnologias da informação nos coloca frente a grandes oportunidades e desafios para o ensino de ciências e nos leva a repensar as práticas escolares, sobretudo as atividades experimentais, de forma a quebrar o formalismo ainda predominante no ensino médio e de graduação, que cria um abismo entre os estudantes e as idéias importantes que esperamos que eles aprendam. A importância desses ambientes de aprendizagem ricos em tecnologia pode ser reconhecida pelo crescente número de pesquisadores de diversos países que passaram a dedicar-se ao tema, pela criação de periódicos exclusivos para a publicação na área e pela presença constante de artigos sobre o tema em periódicos de circulação nacional e internacional, inclusive com números completos dedicados ao tema<sup>†</sup>.

---

<sup>†</sup> Veja Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, nº 2, junho de 2002.

Um dos motivos para a pesquisa e o esforço para a implementação das novas tecnologias no ensino de ciências é a possibilidade do aumento dos estilos instrucionais possíveis, o que contribuiria mais facilmente para o ajuste das necessidades individuais de cada aluno. Devido a essa maior flexibilidade, o ensino de Ciências passaria a ser mais significativo e pessoal, motivando um número maior de alunos, principalmente aqueles que apresentam dificuldades com métodos tradicionais de ensino.

A utilização das novas tecnologias da informação, sobretudo dos computadores como ferramentas auxiliares para o estudo e ensino de Ciências não é novidade. Alternativas envolvendo o uso de computadores nos laboratórios didáticos têm sido pesquisadas desde o final da década de 70. Em duas revisões de literatura (Berger, Lu, Belzer e Voss, 1994; Silva, 1995), os autores realizaram extensos levantamentos através de trabalhos publicados entre as décadas de 70 e 90 e identificaram diversas formas de aplicação dos computadores no ensino de ciências, ressaltando as características próprias de cada uma e os principais resultados empíricos que reforçam a utilização dessas tecnologias no ensino.

Dentre as várias ferramentas ligadas às novas tecnologias da informação, as simulações computacionais vêm ganhando força devido à disponibilidade crescente de uma grande variedade de softwares e pacotes educacionais para professores e estudantes. Para Lunetta e Hofstein (1981), o termo simulação tem vários significados. Pode significar o modelamento de um determinado sistema representado através de fórmulas matemáticas, um ambiente que represente a realidade permitindo que o usuário se defronte com situações problemáticas ou um processo de interação com um modelo que representa determinada realidade.

Por não haver uma definição precisa de simulação, muitas atividades realizadas atualmente no ensino de Ciências podem ser consideradas atividades de simulação, mesmo que os professores não as reconheçam como tal. Lunetta e Hofstein (1981) identificam seis modos ou tipos de simulação que são classificados num contínuo quanto a sua dinamicidade e interação. Nessa classificação, desde filmes educativos, modelos de sistema solar com bolas de isopor, jogos como Banco Imobiliário e programas desenvolvidos por estudantes são todos exemplos de simulação, pois todos possuem uma característica básica em comum: apresentam variados graus de interação entre o usuário e o modelo simulado.

Jimoyiannis e Komis (2001) realizaram um trabalho comparativo entre um grupo de estudantes que recebeu apenas aulas teóricas e outro grupo que desenvolveu, além das aulas tradicionais, atividades através de simulação. Seu maior objetivo era identificar o efeito que as simulações exerceriam sobre os estudantes cujas idades variavam entre 15 e 16 anos, para o desenvolvimento de conceitos envolvidos na explicação do fenômeno de movimento de projétil como velocidade e aceleração.

Jimoyiannis e Komis identificaram uma diferença significativa entre os grupos de estudantes quanto ao domínio dos conceitos, sobretudo os conceitos de velocidade e aceleração. Portanto, os autores confirmaram suas hipóteses sobre a utilização da simulação para o ensino de Física/Ciências, realçando sua importância para o refinamento de conceitos e para a correção de concepções inadequadas.

Apesar do impacto do uso de simulações na sala de aula depender dos detalhes do software e da forma como as atividades são implementadas (Steinberg 2000), outros resultados (Berger, Lu, Belzer e Voss, 1994) também sugerem a importância e o papel das simulações para o ensino de Ciências.

Pela análise das pesquisas (Lunetta e Hofstein, 1981; Medeiros e Medeiros, 2002), um ambiente de simulação deve, principalmente:

- Fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos;
- Acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual;
- Tornar os conceitos abstratos mais concretos;

- Oferecer rapidamente respostas às ações e aos procedimentos executados;
- Modelar fenômenos físicos e processos;
- Transformar a sala de aula em centros de aprendizado baseados em investigações;
- Utilizar uma variedade de representações (desenhos, animações, gráficos, vetores e telas com dados numéricos) úteis na compreensão dos conceitos, relações e processos abordados;
- Desenvolver a habilidade de resolução de problemas.

Além disso, um bom software de simulação, segundo Cabrera (1988), (i) não deve exigir nenhuma experiência prévia dos estudantes para o manuseio e compreensão do programa, (ii) deve fazer o uso extensivo de gráficos, (iii) a apresentação e os formatos devem ser os mais simples possíveis, (iv) cada passo da simulação deve ser facilmente compreendido e, (v) deve possibilitar o processo de formulação e teste de hipóteses.

O uso de simulações computacionais permite ao professor adaptar a atividade a objetivos específicos. Com elas, pode-se diminuir ou aumentar o nível de dificuldade e complexidade do fenômeno, incluir ou excluir alguns aspectos, além de aumentar ou diminuir o número de variáveis envolvidas. Por isso, além das vantagens levantadas acima, a importância educacional de simulações é devida ao seu uso abrangente que, quando combinado com uma abordagem investigativa, promove uma oportunidade para os estudantes, de qualquer área, de explorar uma gama enorme de problemas práticos e conceituais das mais variadas formas, naturezas e complexidade podendo, assim, ser incorporado em qualquer fase do aprendizado.

Apesar de destacarmos a importância das simulações computacionais para o ensino de Ciências, não defendemos a completa substituição das atividades de laboratório por esse tipo de atividade. As atividades práticas que envolvem o manuseio de materiais e equipamentos e a visualização real de fenômenos, dentro de um ambiente físico propício, são fundamentais para o desenvolvimento do indivíduo. De uma forma geral, os pesquisadores em educação em ciências (Lunetta e Hofstein, 1981; Jimoyiannis e Komis, 2001) incentivam o uso de simulações computacionais nas situações em que os custos de outras estratégias educacionais sejam elevados, os riscos com a atividade real sejam altos e o estudo dos fenômenos e eventos seja impossível devido a sua duração (extremamente curta ou longa). Porém, muito mais importante do que as ferramentas utilizadas para implementação da atividade, estão a didática e a metodologia envolvidas, que definirão todas as relações de ensino/aprendizagem. Ou seja, ao invés de simplesmente adotar a nova tecnologia, a sua implementação deve gerar mudanças no processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais flexível, pessoal e inovador.

Atualmente, devido ao tradicionalismo que exerce forte influência sobre as atividades práticas, refletindo sobre a postura passiva dos estudantes com respeito ao processo de aprendizagem, a utilização de simulações passou a incorporar essa passividade, na medida em que apresenta atividades do tipo “livro de receita”, nos quais os estudantes são levados a cumprir passo a passo as instruções indicadas. Para Steinberg (2000), o risco que se corre com a utilização de simulações no ensino é, portanto, o de acreditar que a aprendizagem decorrerá apenas do fato de o aluno visualizar o fenômeno e acompanhar sua dinâmica. Porém, esse tipo de aprendizado passivo é atualmente muito combatido.

Windschitl e André (1998) investigaram a diferença na aprendizagem e na mudança conceitual de estudantes ao trabalharem com simulações em ambientes construtivista e tradicional. Eles encontraram evidências que demonstram que simulações exploratórias podem ser mais efetivas do que as atividades comprobatórias em promover a compreensão e a mudança conceitual nos estudantes.

## **METODOLOGIA**

### **Sujeitos da pesquisa**

Participaram da pesquisa 47 alunos do 1º ano do Ensino Médio de uma escola federal de Belo Horizonte. Os dados foram coletados em agosto de 2006. 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 quinzenalmente. Optou-se por trabalhar com alunos do 1º ano do Ensino Médio principalmente porque a experiência desses alunos com atividades de laboratório ainda era limitada, mais parecida com a experiência de estudantes de outras escolas.

### **Instrumento da pesquisa**

Para a realização dessa pesquisa, ao contrário de outras pesquisas nas quais desenvolvemos programas de simulações específicos (Gomes, 2005; Gomes, Borges e Justi, 2005) optou-se por trabalhar com applet disponível na internet<sup>‡</sup>. Optamos por esse tipo de instrumento de pesquisa como forma de demonstrar a utilização dessa ferramenta para a pesquisa em educação e também sua utilização para fins didáticos, para a implementação de atividades investigativas como a realizada nessa pesquisa. O applet usado estava escrito em inglês. Um dos pesquisadores que aplicou a atividade traduziu oralmente e escreveu no quadro as respectivas traduções dos termos e comandos oferecidos pelo applet. Nenhum estudante solicitou ajuda relacionada a dificuldades com o entendimento dos comandos e ações.

### **Procedimentos**

Inicialmente, foi distribuída uma folha de instruções para os alunos, que descrevia os objetivos da atividade, continha instruções gerais para a realização da atividade e três questões a serem respondidas. Os estudantes trabalharam individualmente durante toda a atividade. O tempo destinado à atividade foi de 100 minutos (duas aulas), suficiente para todos os estudantes terminarem a atividade tranquilamente. Ao final da atividade, os estudantes deveriam entregar um relatório com a descrição dos passos principais realizados para a resolução do problema, juntamente com os dados coletados e as questões respondidas. Os alunos participantes não tiveram dificuldades de relatar os procedimentos realizados, uma vez que para todas as atividades de laboratório que realizam é necessário a elaboração de um relatório.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Para analisarmos como os estudantes realizaram a atividade investigativa através da simulação computacional, analisamos alguns aspectos importantes do seu desempenho. Tais aspectos serão analisados separadamente a seguir.

### **Número de experimentos realizados**

Um fator determinante para o sucesso de uma atividade experimental é a quantidade de dados coletados e disponíveis para análise. Identificamos assim, o número de experimentos

---

<sup>‡</sup> [http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more\\_stuff/Applets/ProjectileMotion/jarapplet.html](http://galileo.phys.virginia.edu/classes/109N/more_stuff/Applets/ProjectileMotion/jarapplet.html)

realizados pelos estudantes (Figura 1). Para Klahr e Dunbar (1988), o número de experimentos feitos é uma indicação da qualidade da busca no espaço experimental.

Os estudantes realizaram uma média de aproximadamente 7 experimentos. Porém, percebe-se pelo histograma, que o número de experimentos realizados por cada estudante variou bastante, de 1 a 19 experimentos.

O espaço experimental da investigação era bastante amplo, pois o estudante poderia estipular qualquer ângulo entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$ . Além disso, como veremos, para responder às perguntas propostas, os estudantes deveriam construir um gráfico. E o gráfico obtido seria uma função do segundo grau (parábola) com a concavidade voltada para baixo. Portanto, para se obter um gráfico como este, julgamos necessário, pelo menos 5 pontos espaçados regularmente. Se considerarmos isso, 36 alunos coletaram dados suficientes para a construção do gráfico, enquanto 11 alunos não exploraram, de forma satisfatória, o espaço experimental da investigação.

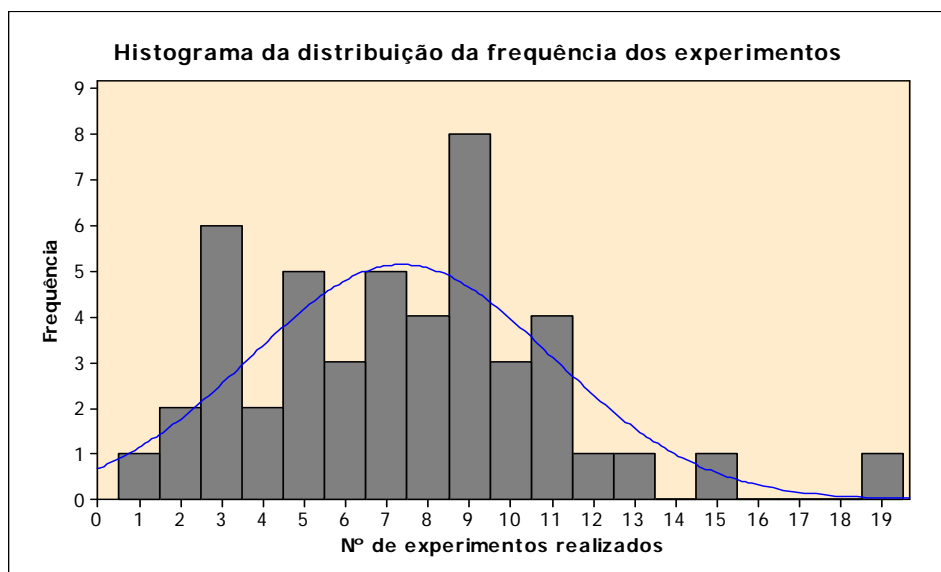


Figura 1 – Gráfico da distribuição do número de experimentos realizados

### Utilização de tabela

Além da obtenção de dados suficientes para análise, é importante que os estudantes saibam como tratar os dados coletados. Para maior organização, é necessário que os estudantes representem os dados coletados em tabelas. A utilização de tabelas, além de facilitar a construção de gráficos, facilita a análise e interpretação dos dados. Dos 47 estudantes que realizaram a atividade, 40 representaram os dados coletados em tabela, enquanto 7 estudantes não o fizeram. Obtivemos uma relação importante, entre o número de experimentos realizados e a organização dos dados em tabelas. Os estudantes que utilizaram tabelas tenderam a realizar mais experimentos do que aqueles que não representaram seus dados em tabela. Tal fato pode ter ocorrido por dois motivos. O primeiro, os estudantes demonstraram envolvimento maior com a atividade, tomando como uma instância de investigação. Por isso realizaram maior quantidade de 'medidas' e apresentaram os dados em tabelas, tal como fazem no laboratório. Uma segunda possibilidade é que todos os estudantes que não utilizaram tabelas foram os que coletaram poucos dados e eles não perceberam a necessidade da sua utilização.

## Controle de variáveis

Além do número adequado de dados e de sua organização em tabelas para facilitar a análise, um fator decisivo em uma atividade experimental é a qualidade dos dados coletados. Como a atividade foi realizada através da simulação computacional baseada no cálculo exato do alcance a partir dos dados de entrada, não havia a possibilidade de ocorrência de erros de medida. Dessa forma, a repetição da simulação com os mesmos valores atribuídos às variáveis independentes, resultava sempre no mesmo alcance, reproduzindo perfeitamente o fenômeno. Mas, independente do ambiente de simulação permitir a exata reprodução do fenômeno, para se obter dados incontroversos que levem à solução do problema é necessário o exercício de um controle de variáveis efetivo e a sistemática combinação entre as diversas variáveis envolvidas na solução do problema prático. Dos 47 estudantes, 34 mencionaram explicitamente, no relatório da atividade, a adoção de medidas para o controle de variáveis. Podemos perceber a preocupação dos estudantes através de passagens como:

- *“Com massas de 10,0 kg e velocidade de 50 m/s em todos os ‘testes’.”*
- *“Para determinar a relação requerida, mantive constante a velocidade de lançamento do projétil e sua massa, variando apenas o ângulo de lançamento”*
- *“Para determinar como o ângulo de lançamento influencia na distância horizontal máxima alcançada pelo objeto, estipulei uma massa e uma velocidade de lançamento fixas para todos os lançamentos: 10kg e 80 m/s.”*
- *“ Para responder à questão proposta, fixe a velocidade inicial do projétil em 50 m/s e sua massa em 10kg. Fiz testes com os ângulos, variando-os de 0° a 90°, testando múltiplos de 5°.”*

Além desses alunos, outros 6 estudantes, embora não relatassem explicitamente sua intenção de controlar de variáveis no relatório apresentado, também o realizaram. Tal fato pôde ser verificado pelos dados obtidos por esses estudantes. Sendo assim, no total, 40 estudantes coletaram dados adequados para a análise. Outros 7 estudantes não o fizeram e portanto, possivelmente tiveram grandes dificuldades para analisar os dados obtidos.

## Construção gráfica

O domínio e a utilização efetiva de formas de representações em matemática e em ciências têm merecido grande atenção por parte dos elaboradores de currículos nos últimos anos. Dentre as diversas formas disponíveis, a representação gráfica tem um papel fundamental. As razões da ampla utilização de representações gráficas em todas as áreas do conhecimento são a possibilidade de eficientemente resumir uma grande quantidade de informação, demonstrar relações entre variáveis e a comunicação de informações quantitativas de forma mais fácil e compreensível.

A importância da compreensão de gráficos no mundo atual tem sido reconhecida internacionalmente por diversos documentos relativos ao currículo de matemática e de ciências, em todos os níveis. No Brasil, tal conteúdo passou a ser previsto pelos Parâmetros Curriculares de matemática ainda no ensino fundamental e ressaltado também no ensino médio.

Leinhardt, Zaslavsky e Stein (1990) realizam uma competente revisão sobre as ações e os significados associados com o trabalho com gráficos e funções e concluíram que a maioria das ações relacionadas a gráficos e funções pode ser classificada em interpretação e construção e que



essas não são categorias mutuamente exclusivas. Grande parte da pesquisa realizada em educação em ciências e matemática lida com as habilidades dos estudantes em interpretar gráficos. Como apontam os autores, poucas são as pesquisas que tratam sobre a construção ou criação de gráficos de dados e tabelas pelos estudantes.

Exploramos nesse trabalho, as habilidades dos estudantes em construir e, posteriormente, analisar as informações contidas no gráfico para responder às perguntas propostas.

O gráfico proposto para os estudantes era do alcance do projétil em função do ângulo entre o lançador e a horizontal. Dessa forma, o ângulo deveria ser considerado a variável independente e representado no eixo X, enquanto que o alcance deveria ser considerado a variável dependente e representado no eixo Y.

Dos 47 estudantes que realizaram a atividade, 34 estudantes representaram adequadamente os eixos do gráfico. Desses estudantes, dois representaram apenas uma parte do gráfico, devido aos poucos dados coletados. Outros dois estudantes representaram os eixos de maneira invertida, enquanto 11 estudantes representaram outro tipo de gráfico. Como a trajetória do projétil era representada na tela e também era fornecida a altura máxima alcançada pelo projétil, esses 11 estudantes representaram no gráfico a altura máxima em função do alcance. Consideramos essa representação como uma tendência já identificada na literatura, de considerar a representação gráfica como uma representação icônica, ou seja, uma figura ou foto da realidade. Isso pode ser ilustrado pela figura 2 abaixo que representa o gráfico feito por um dos participantes da pesquisa.

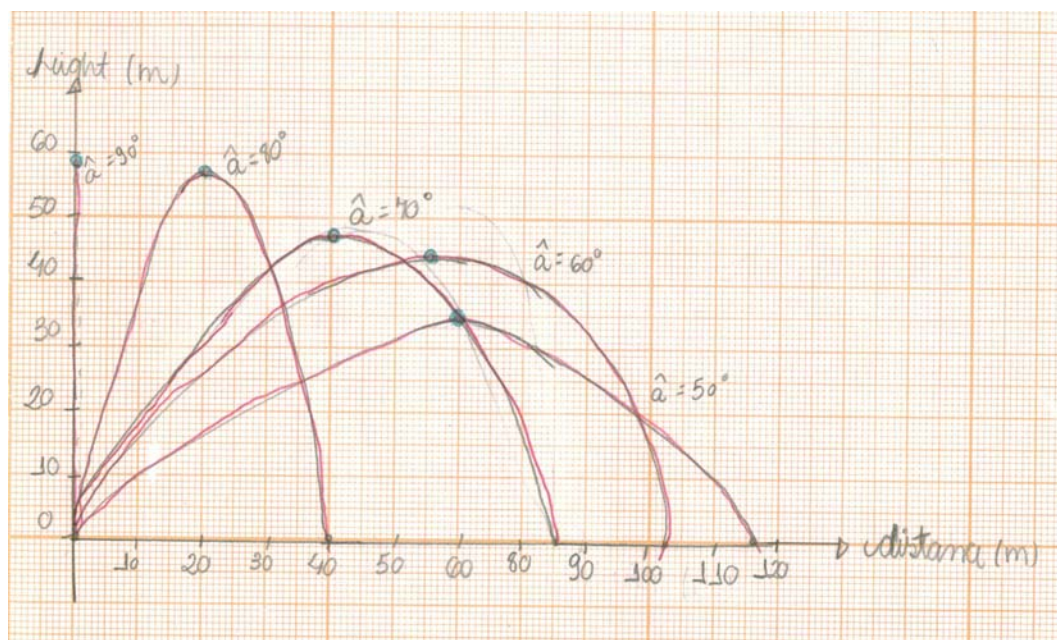


Figura 2 – Gráfico construído por um dos participantes

Se trabalharmos com o applet disponibilizado para os alunos realizarem a atividade, veremos que a imagem fornecida pelo programa é muito parecida com o gráfico construído pelo estudante, inclusive, pela denominação dos eixos (em inglês).

Além da representação de outro tipo de gráfico, uma falha comum, apresentada por 8 alunos, foi um aproveitamento inadequado do espaço disponível para o gráfico. A escala muito reduzida escolhida por esses estudantes prejudica e dificulta tanto a representação dos pontos no gráfico, quanto sua posterior análise.

Obtivemos ainda, que os alunos, de uma forma geral, não apresentaram problemas em representar os pontos no gráfico, nem de traçar a curva que melhor se ajustasse aos pontos. Esse último resultado é, de certa forma, surpreendente. Pesquisas indicam que a tendência de ligar os pontos num gráfico através de segmentos de reta é muito forte entre os estudantes. Porém,

acreditamos que a representação visual do fenômeno na tela do computador tenha ajudado para que os estudantes não ligassem os pontos com retas. Como o gráfico a ser construído tinha a mesma forma da trajetória do projétil, isso pode ter contribuído para que os estudantes traçassem uma curva no gráfico. Tal fato pode ser corroborado pelas respostas às perguntas, nas quais alguns alunos indicam que o gráfico construído representa uma parábola.

### Respostas às questões

Como vimos, foram propostas aos alunos, três questões para que eles respondessem. As questões eram as seguintes:

- 1) A relação entre o alcance e o ângulo de lançamento é sempre a mesma? Justifique sua resposta.
- 2) Descreva qualitativamente como é a relação entre o alcance e o ângulo de lançamento?
- 3) Existe algum ângulo cujo alcance seja máximo? E mínimo?

Do total de alunos, 33 conseguiram responder satisfatoriamente às três questões propostas e demonstraram uma boa compreensão do objetivo do problema proposto e uma relativa riqueza na análise dos dados coletados e do gráfico, como fica evidenciado nas passagens abaixo:

*- “A partir da análise dos dados e do gráfico, pode-se concluir que o alcance do projétil em função do ângulo de lançamento descreve uma função do 2º grau, o que nos diz que para pares de diferentes valores de ângulos teremos o mesmo alcance, que cresce até chegar ao seu valor máximo, para o ângulo de 45º e decresce a partir desse ponto....”*

*- “Até o ângulo de 45º, sempre que o ângulo crescia, crescia também a distância alcançada. A partir dos 45º a medida que o ângulo crescia, a distância decrescia. O ângulo que traz a maior distância é o de 45º, enquanto os menores são os mais próximos de 0º e 90º.”*

*- “O experimento mostrou que a relação entre o alcance e o ângulo variava. Dependendo do valor do ângulo o valor da distância sofria crescimento ou decrescimento.”*

É interessante observar que, desses 33 estudantes que conseguiram analisar os dados corretamente, 31 construíram o gráfico corretamente e dois representaram, de maneira invertida, as grandezas nos eixos coordenados. Isso indica que a representação gráfica adequada dos dados coletados em uma atividade investigativa é fundamental para a análise e a interpretação dos dados.

Quatro estudantes conseguiram responder parcialmente às questões e 10 responderam às questões de maneira insatisfatória. Desses catorze estudantes que tiveram dificuldades para responder às questões, apenas três construíram bem gráfico, o que reforça nossa inferência anterior de que a construção do gráfico é um passo importante para a análise e compreensão da atividade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A utilização das atividades investigativas no ensino de ciências como uma estratégia de ensino/aprendizagem, sendo ela implementada com auxílio do computador ou não, depende, principalmente, da habilidade dos estudantes de planejar e conduzir tais atividades para que possam, ao final, discutir e argumentar frente aos resultados obtidos. Se pretendermos utilizar esse tipo de atividade, devemos estar atentos para o fato de que os estudantes enfrentam muitas dificuldades durante sua realização (Gomes, 2005).

Os resultados dessa pesquisa corroboram tal afirmação. Boa parte dos participantes não teve problemas para resolver o problema proposto. Porém, cerca de um terço dos participantes tiveram grandes dificuldades, seja na construção do gráfico, seja para responder às perguntas propostas.

Acreditamos que questões relacionadas ao planejamento e execução de tais atividades precisam ser explicitamente trabalhadas no currículo de ciências e através de atividades diversificadas, iniciando-se ainda no ensino fundamental, de forma simples e progressiva, mas bem antes dos estudantes ingressarem no ensino médio ou na faculdade.

Seqüências de atividades, com abordagens explícitas e implícitas, de diferentes níveis de complexidade devem ser elaboradas para que os estudantes percebam a importância de se coletar dados levando-se em consideração um controle de variáveis efetivo e de organizar os dados coletados em tabelas. Deve-se ficar claro para os estudantes a importância da representação gráfica das grandezas envolvidas e o papel do gráfico para a análise dos resultados da atividade. Conceitos como escala, variáveis dependentes e independentes não podem ser tomados como dominados pelos estudantes, mas sim devem ser trabalhados para que os estudantes compreendam realmente o que estão fazendo durante a atividade. Sem essa compreensão, os estudantes encaram a representação dos dados em tabelas e a construção de gráficos como meras exigências dos relatórios e não como ferramentas para responder às questões propostas.

Por fim, acreditamos que apenas a disponibilidade de novas ferramentas não é suficiente. Muitas vezes, a implementação de novidades tecnológicas não vem acompanhada de um retorno adequado para as práticas educacionais, que informa e supervisiona os resultados obtidos, guiando possíveis modificações e melhorias. Tal implementação deve vir acompanhada de um currículo e de uma série de atividades apropriadas que forneçam aos alunos mais liberdade de pensar e criar soluções para os problemas propostos e que utilizem ao máximo as vantagens das simulações para se obter um ganho significativo no aprendizado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. **Enseñanza de las Ciencias**, v.14, n.3, p.365-379, 1996.
- BERGER, C. F.; LU, C. R.; BELZER, S. J.; VOSS, B. E. Research on the uses of technology in Science Education. In: GABEL, D. (Ed). **Handbook of Research on Science Teaching and Learning**. New York: MacMillan, 1994. p. 466-490.
- 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: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, III., 2001, Atibaia. **Atas...**

- CABRERA, B. Early Experiences with Physics Simulations in the Classroom. In: **Proceedings of the Conference on Computer in Physics Instruction**. North Caroline State University: Addison-Wesley Pub., 1988. p.77-83.
- GOMES, A.D.T.; BORGES, A.T.; JUSTI, R. S. O desempenho de estudantes na realização de investigações. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, V, 2005, Bauru. Atas...,2005.
- GOMES, A.D.T.; SILVA, M.V.D, BORGES, A.T e BORGES, O. N. Formação e desenvolvimento das habilidades relativas ao processo de investigação mediado por sensores. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, II., 1999, Valinhos. **Atas...**
- GOMES, D.T.G. Reconhecimento e uso de testes experimentais no laboratório escolar. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte.
- HODSON, D. Experiments in science and science teaching. **Educational Philosophy and Theory**, v.20, n.2, p.53-66, 1988.
- HODSON, D. Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. **Journal of Curriculum Studies**, v. 28, n. 2, p. 115-135, 1996.
- JIMOYIANNIS, A.; KOMIS, V. Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. **Computers & Education**, v.36, p.183-204, 2001.
- KLAHR, D.; DUNBAR, K. Dual Space Search During Scientific Reasoning. **Cognitive Science**, v.12, n.1, p.1-48, 1988.
- LEINHARDT, G.; ZASLAVSKY, O.; STEIN, M. K. Functions, Graphs, and Graphing: Tasks, Learning, and Teaching Review of Educational Research, v. 60, n. 1, p. 1-64, 1990.
- LUNETTA, V. N.; HOFSTEIN, A. Simulations in Science Education. **Science Education**, v.65 , n.3, p.243-252, 1981.
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, n.2, p.77-86, 2002.
- OSBORNE, J. Science education without a laboratory? in: WELLINGTON, J. (Ed). Practical Work in School Science. Which way now. London: Routledge, 1998. p. 156-173.
- SILVA, P. R. O Uso do Computador no Ensino de Física. Parte I: Potencialidades e Uso Real. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.17, n.2, p.182, 1995
- STEINBERG, R. N. Computers in teaching science: To simulate or not to simulate? **American Journal of Physics**, v.68 , n.7, p.S37-S41, 2000.
- VALADARES, Carlos Murilo da Silva. Aprendizagem sobre Artefatos Tecnológicos em um Ambiente Hiperídia. 2004. 210 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais.
- WHITE, R. T. The link between the laboratory and learning. **International Journal of Science Education**, v.18, n.7, p.761-774, 1996.
- WINDSCHITL, M.; ANDRE, T. Using Computer Simulations to Enhance Conceptual Change: The Roles of Constructivist Instruction and Student Epistemological Beliefs. **Journal of Research in Science Teaching**, v.35, n.2, p.145-160, 1988.