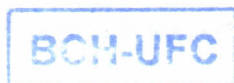


# Fazendo ciências com o Tabletop: efeitos do uso de computadores no desenvolvimento cognitivo

*Deve-se escrever da mesma maneira como as lavadeiras lá de Alagoas fazem seu ofício. Elas começam com uma primeira lavada, molham a roupa suja na beira da lagoa ou do riacho, torcem o pano, molham-no novamente, depois voltam a torcer. Colocam o anil, ensaboam e torcem uma, duas vezes, depois enxáguam, dão mais uma molhada, agora jogando a água com a mão. Batem o pano na laje ou na pedra limpa, e dão mais uma torcida e mais outra, torcem até não pingar no pano uma só gota. Somente depois de feito tudo isso é que elas dependuram a roupa lavada na corda ou no varal, para secar.*

*Pois quem se mete a escrever devia fazer a mesma coisa. A palavra não foi feita para enfeitar, brilhar como ouro falso. A palavra foi feita para dizer.*



Graciliano Ramos

## Resumo

O presente artigo discute o uso de computadores no ensino de ciências, com foco na incorporação de um software do tipo banco de dados em atividades de investigação científica, e seus efeitos sobre o desenvolvimento cognitivo de pré-adolescentes. Para tanto, nós abordamos o tema teoricamente, apresentamos um exemplo de atividade que inclui o uso do software Tabletop, e por último, descrevemos e analisamos respostas fornecidas por alunos de 5ª série para o problema da flutuação de objetos como atividade de Investigação Científica com suporte de Bancos de Dados (ICBD). A análise dessas respostas demonstra que a forma pela qual os alunos lidam com os requerimentos de atividades de investigação científica, e respondem a eles, depende tanto das estruturas de raciocínio previamente construídas, quanto da estrutura de aprendizagem que emerge na interação que acontece nessa experiência.

**Palavras-chave:** Informática educativa, ensino de ciências e banco de dados.

## Abstract

### Doing Science with Tabletop: Effects of the Use of Computers on Cognitive Development

The present article discusses the use of computers in science teaching. It focus especially on the incorporation of a database software in activities of scientific investigation, and its effects on cognitive development of pre-adolescents. First, we discuss the theory, then we present an example of an activity which includes the software Tabletop. Finally, we describe and analyse answers given by pre-adolescents – 5<sup>th</sup> class students of a particular Brazilian school – in order to solve the problem of floating objects as an activity of scientific investigation with the support of a database (SISD). The analysis of these answers indicates that the way through which the students deal with the requirements of the activities of scientific investigation, and answer to it, depends on the reasoning structures they have already constructed, and also on the learning structure which emerges during the interaction which happens in this experience.

**Key words:** information technology, science teaching and databases.

<sup>1</sup> Ph.D. em Desenvolvimento Cognitivo e Aprendizagem, Universidade de Londres, e professora da Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará.

## I Introdução

O presente trabalho versa sobre o uso de computadores no ensino de ciências para os níveis fundamental e médio. Adotando uma perspectiva da Psicologia Cognitiva, nós discutimos o potencial representado por um software do tipo banco de dados quando usado em atividades de investigação científica, e seus efeitos sobre o desenvolvimento cognitivo de pré-adolescentes. Para dar suporte a essa discussão, primeiro nós consideramos o que a teoria e a literatura apontam sobre o tema, e em seguida, apresentamos um exemplo de atividade que inclui o uso do Tabletop, um software do tipo bancos de dados. Por último, descrevemos e analisamos respostas fornecidas por pré-adolescentes para a solução do problema da flutuação de objetos como atividade de Investigação Científica com suporte de Bancos de Dados (ICBD). Nessa parte, mostramos a interação entre eles e o Tabletop no contexto da ICBD, analisando os esquemas de raciocínio que aplicam para testar suas hipóteses sobre o porquê alguns objetos flutuam e outros afundam quando colocados na água; e discutindo o uso que fazem das ferramentas do Tabletop para testar essas hipóteses.

Dessa forma, para discutir os efeitos do uso do computador sobre o desenvolvimento cognitivo de pré-adolescentes, nós analisamos em detalhes o desafio proposto pelo problema da flutuação de objetos como atividade de ICBD. Tentamos analisar essa atividade a exemplo do que faz Graciliano Ramos sobre o modo de lavar roupas das lavadeiras lá das Alagoas. Destaque-se, no entanto, a beleza e sensibilidade próprias do poeta, na rica metáfora com o ato de escrever. Quanto a nós, na discussão de situação particular em que o computador é utilizado como ferramenta pedagógica, tecemos considerações que, esperamos, possam ser generalizadas e aplicadas a práticas diversas de ensino com o uso de computadores.

## II Considerações teóricas, estudos e recomendações

Nessa parte do trabalho, apresentamos argumentos sobre o uso do computador na educação, a partir da perspectiva de teorias do desenvolvimento cognitivo. Em seguida, discutimos estudos, experiências e outros indicadores que

recomendam a inclusão do uso de bancos de dados no currículo escolar.

### Por que o uso de computadores na educação?

Em resposta à pergunta *por que o uso de computadores na educação?* muitos argumentam que as necessidades e requerimentos da sociedade nos tempos presentes - a Era da Informação - tornam imperativo o uso de instrumentos práticos que possam ajudar o homem a dar sentido a considerável quantidade de informação com a qual ele tem que lidar na sua vida diária (UNDERWOOD and UNDERWOOD, 1990; BEZANILLA, 1992; SHAUGHNESSY, GARFIELD and GREER, 1996). Nessa perspectiva, habilidades tecnológicas são vistas como uma questão de sobrevivência para o cidadão, cujo sucesso depende da competência para lidar com novas máquinas e aplicações. A necessidade da *alfabetização digital*, a arte do manejo de informação via computadores, resulta do fato de que essa prática está espalhada no mundo, fora da sala de aula. De acordo com essa visão, o advento da tecnologia da informação tem forçado uma reavaliação das tendências educacionais, em função da demanda para a inclusão do uso de computadores na educação de cidadãos responsáveis.

De um modo geral, duas razões justificam o uso do computador na educação: a primeira, que é baseada em argumentos similares àqueles do parágrafo anterior, diz respeito à formação de cidadãos capazes de lidar com as exigências de vida e do mercado de trabalho; a segunda, que será tomada como centro para as nossas discussões, refere-se ao significativo papel que o computador pode desempenhar em situações de ensino-aprendizagem, como recurso ou ferramenta didática.

Se compararmos, por exemplo, a época em que Piaget estudou o desenvolvimento do raciocínio científico com os dias de hoje, percebe-se diferenças significativas, uma das quais é representada pela criação de um poderoso instrumento para registrar, apresentar, manusear e controlar informações: o software do tipo banco de dados.

Há duas características dos bancos de dados que são de grande valia para a atividade de investigação científica: primeiro, a sua estrutura para o registro e organização de dados, que é ao mesmo tempo simples e muito bem definida; se-

gundo, suas facilidades para interrogar os dados (tais como, por exemplo, o acesso imediato e as possibilidades para que a informação seja apresentada de várias e significativas maneiras). De fato, entre as capacidades dos bancos de dados, aquelas relacionadas ao armazenamento de amplas quantidades de informação (capacidade), resgate de dados muito rápido (velocidade) e fácil apresentação de dados em formas ricas, significativas e variadas (flexibilidade) têm sido enfatizadas. Por todas essas razões, bancos de dados têm sido compreendidos como um ambiente muito adequado para o desenvolvimento de atividades de manejo de dados.

Face a esse avanço tecnológico, uma questão a ser levantada é: *o uso de software do tipo banco de dados influencia o raciocínio científico de crianças?* Duas hipóteses podem ser propostas para responder a essa questão: primeiro, que o próprio desenvolvimento da criança controla a forma como ela usa o instrumento; segundo, que a criança, durante a atividade, desenvolve meios para usar o instrumento em um nível superior. Uma forma alternativa para colocar essa mesma pergunta seria, então: *será que as contribuições que a criança traz para a experiência educacional com bancos de dados determinam a maneira que ela vai lidar com seus requerimentos, ou são as características interacionais do envolvimento da criança com as atividades de manejo de dados elas próprias responsáveis pela apropriação do banco de dados pela criança?*

Essas duas hipóteses envolvem diferentes previsões sobre o aprender a usar um software do tipo banco de dados. Sob a primeira hipótese, a criança irá responder ao uso de banco de dados basicamente à luz das estruturas de pensamento que ela já tenha adquirido, e só terá sucesso nas operações permitidas por essas estruturas. Se o seu nível de pensamento fornecer a ela a base para lidar com os requerimentos do banco de dados, seu envolvimento com atividades de modelagem de dados poderá representar oportunidades estimulantes, desafiadoras e construtivas para a criança aplicar os esquemas que ela já tenha construído. Ela pode mesmo desenvolver novas estruturas de pensamento através desse processo. Por exemplo, uma criança que já tenha construído algum esquema de pensamento classificatório básico não terá nenhuma dificuldade para categorizar informações de forma a criar um banco de dados. Ela certamente pode organizar seus dados por classes que in-

cluam muitos valores possíveis, e simultaneamente colocar essa informação nas linhas e colunas de um banco de dados.

Se a criança não tiver adquirido ainda as estruturas cognitivas necessárias para operar com a lógica envolvida no uso de bancos de dados, no entanto, o seu engajamento em atividades de manuseio de dados pode ser frustrante, ao invés de construtivo, e provavelmente ela não será capaz de superar os obstáculos cognitivos encontrados durante o desenvolvimento das atividades. No contexto do nosso exemplo acima, a criança que não tenha ainda construído esquemas classificatórios certamente terá dificuldade para pensar em termos de classes e valores subordinados, que devem ser especificamente colocados no banco de dados durante seu registro.

Sob a segunda hipótese, a criança irá lidar com os requerimentos das atividades de manejo de dados, e responder a eles não somente de acordo com as habilidades que adquiriu previamente, mas também através da estrutura de aprendizagem que emerge durante a interação que acontece nessa experiência educacional. Essa estrutura resulta do nível de desenvolvimento da criança, do que demanda a atividade tal como ela é praticada na cultura, e também da forma através da qual as pessoas cujo papel inclui a transmissão de significados culturalmente atribuídos participam das construções da criança. Assim, habilidades tais como a separação de variáveis, usadas no contexto do uso de bancos de dados, podem ser melhor entendidas como emergindo nesse processo de apropriação, o qual reflete uma série de características inter-relacionadas, incluindo a criança, o instrumento, e a organização da experiência educacional. A prática cultural do uso de bancos de dados envolve os objetivos e atividades da criança e outros participantes nesse processo, e as demandas de atividades no banco de dados, as quais são determinadas pela natureza do software usado e das tarefas desenvolvidas.

Essas visões acerca da construção do conhecimento têm promovido consideráveis avanços na compreensão do processo de apropriação de meios culturais, apesar de que nenhuma delas ainda explica inteiramente o que determina a apropriação de um instrumento tal como um banco de dados. É possível que cada hipótese possa explicar corretamente diferentes aspectos desse processo, o qual, de certa forma, parece ser tão importante como aprender uma língua ou ma-

temática, como o resultado de requerimentos sociais para a competência tecnológica e computacional nesse novo milênio.

*Estudos, experiências e a recomendação para a inclusão de atividades com o uso de bancos de dados no currículo escolar*

Em estudo que realizamos no nosso doutoramento (LIRA, 2000) examinamos se o uso de bancos de dados para testar hipóteses cria uma oportunidade para pré-adolescentes desenvolverem a noção de variáveis e o controle experimental de variáveis. Os resultados desse estudo comprovaram que a compreensão que os estudantes têm sobre essas noções é influenciada tanto pelas estruturas de raciocínio que eles construíram antes da experiência educativa, quanto pelo uso de bancos de dados. O estudo envolveu 51 pares de estudantes de escolas particulares paulistas, com idades entre 10 e 13 anos, sendo que 25 pares fizeram parte de grupos experimentais e 26 pares constituíram um grupo de referência. Estudantes nos grupos experimentais usaram bancos de dados enquanto desenvolviam investigações científicas, um grupo criando bancos de dados e outro trabalhando com bancos de dados previamente preparados. A intervenção educacional foi desenvolvida com cada par de estudantes durante 10 encontros, nos quais eles tentavam descobrir *por que alguns objetos flutuam e outros afundam* (em uma adaptação do exame clássico Piagetiano sobre *Flutuação de corpos*), e *o que determina a distância percorrida por carros descendo ladeiras* (adaptação da tarefa *Planos Inclinados*, também estudada por Piaget). Durante a investigação, os estudantes testavam suas hipóteses sobre esses problemas usando gráficos e diagramas construídos no software *Tabletop* (TERC - Technology Research Center 1989-1995), um programa de bancos de dados. Estudantes no grupo de referência não usavam o computador. Todos os estudantes foram submetidos a um teste de raciocínio antes e depois da experiência educacional desenvolvida no estudo. Uma análise de variância mostrou que os grupos experimentais apresentaram performance significativamente melhor do que o grupo de referência nos pós-testes realizados. Além disso, observou-se uma correlação significativa entre os escores no pós-teste e os escores no pré-teste. Esses resultados indicam que o uso de software do tipo banco de dados em atividades de investigação científica influencia o racio-

cínio lógico de pré-adolescentes: tanto em função das estruturas de raciocínio que eles construíram antes da experiência educativa, quanto pelo uso de bancos de dados e outros aspectos da experiência em si. Nenhuma diferença foi observada entre os grupos que construíram bancos de dados e aqueles que interagiram com bancos de dados previamente preparados. Assim, como orientação para escolas, pode-se sugerir que as decisões para o desenvolvimento de atividades envolvendo a coleta de dados e criação de bancos de dados devem ser tomadas com base em considerações pragmáticas – tais como currículo, organização da sala de aula, e motivação dos estudantes – mais do que na antecipação de efeitos dessas atividades no desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

De fato, experiências em sala de aula e pesquisas correlatas (UNDERWOOD e UNDERWOOD, 1987; HEALY e HOYLES, 1993; UNDERWOOD, 1994; e AINLEY e PRATT, 1994) têm demonstrado que o uso de banco de dados estimula o pensamento lógico de estudantes, como no caso, por exemplo, das habilidades classificatórias e da noção de variável. Por outro lado, apesar das expectativas acerca das facilidades que bancos de dados oferecem para a formalização de idéias matemáticas e científicas, estudos também têm identificado algumas dificuldades apresentadas por estudantes quando eles lidam com a forma lógica requerida pela linguagem computacional (SPAVOLD, 1989; e BEZANILLA e OGBORN, 1992). Isso impõe a necessidade do desenvolvimento de mais estudos e experiências nesse domínio, com vista à identificação e análise dos obstáculos de natureza cognitiva que podem ser apresentados por alunos – e talvez mesmo por professores – em situações que envolvem o uso de computadores como ferramenta pedagógica, e dos cuidados e procedimentos necessários à superação dos mesmos.

Certamente com base nas experiências positivas, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 2000) têm enfatizado a importância da inclusão de atividades envolvendo o manejo e análise de informações no currículo não somente de matemática, mas de diversas outras disciplinas escolares. Isso está em consonância com o uso educacional de bancos de dados computacionais por instituições de ensino, o que representa uma tendência mundial, firmada nos anos 1990. Evidência do uso de bancos de dados em

educação é obtida por meio de indicadores tais como: sua inclusão oficial no currículo escolar, a recomendação desse uso por pesquisadores e grupos profissionais, e a elaboração de publicações curriculares no tema, incluindo software e pacotes de atividades de modelagem de informações através de bancos de dados computacionais, para uso em escolas. Esse processo de modelagem ou manejo de dados, usualmente referido como *data modelling* ou *data handling*, será tratado aqui como Investigação Científica com o suporte de Bancos de Dados (ICBD), tal como definido por Lira (2000).

A inclusão de atividades de Investigação Científica com o suporte de Bancos de Dados (ICBD) no currículo escolar da educação primária e secundária tem sido observada, desde os anos 1990, no Reino Unido, na Espanha, nos Estados Unidos e na Austrália (HANCOCK, KAPUT e GOLDSMITH, 1992; e SHAUGHNESSY, GARFIELD e GREER, 1996). Pesquisadores e grupos profissionais também têm recomendado a inclusão de ICBD no currículo escolar (SPAVOLD, 1989; HANCOCK e KAPUT, 1990; HANCOCK, KAPUT e GOLDSMITH, 1992; e HEALY e HOYLES, 1993). Finalmente, o significativo número de publicações sobre atividades de manejo de dados para o currículo escolar, software e pacotes adaptados para o uso educacional (revisados por SHAUGHNESSY, GARFIELD e GREER, 1996) também corroboram o *status* dado a atividades de manejo de dados em escolas.

### III Um exemplo de atividade escolar com uso de bancos de dados

Nos tópicos seguintes fornecemos um exemplo de atividade pedagógica com uso de software do tipo banco de dados. Primeiro, apresentamos o processo de Investigação Científica com o suporte de Bancos de Dados (ICBD), o Tabletop, e a Flutuação de Objetos como atividade de ICBD.

#### A Investigação Científica com o suporte de Bancos de Dados (ICBD)

Os termos *Investigação Científica com o suporte de Bancos de Dados (ICBD)*, *data handling* (manejo de dados) e *data modelling* (modelagem de dados) podem ser entendidos como similares. Hancock, Kaput e Goldsmith (1992) sugerem que a mode-

lagem de dados em um software do tipo banco de dados é um processo dinâmico, que consiste em duas fases: *criação e análise de dados*. A criação de dados inclui a decisão sobre que dados coletar, o desenho de uma estrutura na qual os dados possam ser organizados, e o estabelecimento de meios sistemáticos para medir e categorizar observações. A análise de dados inclui olhar para padrões de respostas, construir e interpretar gráficos, descrever tendências e apresentar e justificar conclusões. Essas fases não são vistas como independentes: a análise de dados delimita a criação desses dados de antemão, e a criação de dados influencia a análise dos mesmos.

Esse processo de modelagem de dados é um tipo de investigação científica, cuja particularidade é exatamente o suporte de um software do tipo banco de dados, razão porque resolvemos denominá-lo ICBD (LIRA, 2000). Como um processo, a ICBD é um todo dinâmico com fases e atividades inter-relacionadas, cada uma contribuindo para o propósito central de explicar um fenômeno. Ambas as idéias de dinâmica e inter-relação são mais facilmente entendidas através da referência as fases e atividades que compõem uma investigação: fases de previsão, planejamento (desenho), coleta, análise e conclusão; e atividades tais como nomear variáveis, levantar hipóteses, planejar uma investigação (experimento, levantamento, etc.) – isto é, observar um fenômeno natural ou (re)produzido, e medir, descrever e registrar dados sobre ele – testar hipóteses, levantar e testar novas hipóteses e finalmente, chegar a conclusões. O uso de um software do tipo banco de dados nesse processo oferece, entre outras facilidades, uma estrutura sobre a qual os dados podem ser manejados.

Dizer que o desenvolvimento da ICBD é um processo dinâmico significa assumir que, durante o fazer desse processo, os sujeitos estarão sempre indo e vindo entre as fases: por exemplo, estendendo, através da organização preliminar de dados na fase do desenho, a atividade de definição de variáveis envolvidas no problema, a qual teve início na fase de previsão; tornando a fase do desenho contingente com o que é esperado da análise; revendo os dados, criando novas colunas em função da necessidade de sua análise, e assim por diante. Dessa forma, a definição de um procedimento para guiar o desenvolvimento de um experimento pode incluir a organização da ICBD em fases, mas isso deve ser fle-

xível considerando a dinâmica do processo. Os estudantes podem, por exemplo, coletar mais dados e criar novas colunas em seus bancos de dados enquanto eles pensam sobre o problema.

Um ponto importante no desenvolvimento do processo de ICBD é garantir sua integridade, isto é, manter a idéia do processo como um todo, como uma unidade. Isso está fortemente relacionado com a consideração da inter-relação das fases e atividades no processo, e da compreensão sobre como elas complementam uma a outra.

Existem muitas formas possíveis de desenvolver um ciclo de ICBD, e essas possibilidades podem ser caracterizadas por diferentes usos de bancos de dados. Por exemplo, um modo de ICBD pode incluir a coleta de dados e a criação de um banco de dados, enquanto que em outro modo essas atividades podem ser substituídas pela oferta de bancos de dados pré-preparados aos estudantes. Na definição de um procedimento para guiar o desenvolvimento de atividades de ICBD deve-se considerar que o software a ser usado nesse processo representa um meio através do qual se pode desenvolver a investigação passo a passo. Vejamos a seguir um software do tipo banco de dados.

## Tabletop: um software do tipo banco de dados

Tabletop™ (TERC, 1989-1995), o software que iremos agora apresentar, é um instrumento para construir, explorar e analisar pequenos bancos de dados. Sua estrutura é a tradicional, com uma janela de linha-coluna, usada para o registro de dados (Figura 1), a qual se associa a uma janela de leitura somente, onde resultados de análise de dados são apresentados. Em termos funcionais, os dados organizados pelos usuários do software nas linhas e colunas do banco de dados podem ser rearrumados em uma variedade de formas depois de terem sido automaticamente transferidos pelo software. Para cada linha no banco de dados, um ícone é mostrado na janela associada. Barras instrumentais mostram as possibilidades para abrir e definir representações gráficas tais como diagramas de Venn, histogramas de frequência, e gráficos de coordenadas. Operações de cálculo, tais como contar, total, média e mediana encontram-se também disponíveis nessa janela.

A janela de linha-coluna é uma representação de dados baseada em propriedades

Nome	Teste	Peso	Volume	Material	Forma
Bastao chine	Afunda	12.4	7.9	Plastico	Cilindrica
Bastao grande	Flutua	189.5	320	Madeira	Retangular
Bloco de cortica	Flutua	40.5	199	Cortica	Retangular
Bloco de madeira	Flutua	424.5	504	Madeira	Retangular
Bola com globo	Flutua	40	163.5	Borracha	Circular
Borracha	Afunda	21.5	13.4	Borracha	Retangular
Cilindro	Afunda	54	25	Metal	Cilindrica
Cinzeiro 'Primus'	Afunda	223	95	Vidro	Oval
Cinzeiro indio	Afunda	379	367	Madeira	Cilindrica
Circulo de cortica	Flutua	68	260	Cortica	Circular
Disco azul	Flutua	99.6	237.35	Plastico	Circular
Pedra cascalho	Afunda	47.1	22	Pedra	Retangular
Pedra pome	Flutua	49	100	Pedra	Retangular
Pilha	Afunda	21.7	6	Metal	Cilindrica
Pote 1	Flutua	62.5	270	Cortica	Cilindrica
Pote 2	Afunda	353.5	270	Metal	Cilindrica
Pote 3	Flutua	155.5	270	Madeira	Cilindrica
Pote 4	Flutua	159.5	270	Cera	Cilindrica
Pote 5	Flutua	60.7	270	Plastico	Cilindrica
Pote 6	Afunda	360.6	270	Pedra	Cilindrica
Pote 7	Flutua	23	270	Plasticovazio	Cilindrica

Figura 1 – Banco de dados sobre objetos flutuantes, construído na janela de linha-coluna do Tabletop.

(FALBEL and HANCOCK, 1993). As linhas, chamadas de *records* na linguagem computacional, dão lugar às observações na lista de informações, e as colunas, chamadas *fields*, contêm suas propriedades. Nomear colunas e preencher linhas são as principais atividades na construção de um banco de dados. O nome de uma coluna representa uma variável – peso, material, forma, etc. – e as linhas representam os valores que essas variáveis assumem para o objeto na lista. A atividade de nomear colunas requer a identificação de propriedades dos objetos e o reconhecimento de suas variações. A atividade de preencher linhas implica o manejo de valores assumidos por cada objeto incluído no banco de dados de acordo com as variáveis focalizadas.

Existem formas alternativas de preencher as linhas de um banco de dados, *linha a linha* ou *coluna a coluna*. Essas representam ênfases diferentes e colocam demandas diferentes para o usuário. Registrar os dados *linha a linha* é como descrever cada observação (pessoa, evento ou

objeto considerado) de acordo com as variáveis definidas nas colunas. Tabular os dados *coluna a coluna* é como descrever os valores assumidos por cada variável em particular, caso a caso. Podemos supor, por exemplo, que uma criança que ainda não possa pensar facilmente em termos de variáveis, prefira registrar os dados linha a linha, o que permite a ela que se concentre nos objetos, uma variável por vez. Deve ser mais difícil colocar os dados coluna a coluna. No entanto, o acesso à construção final deve fortalecer a compreensão de variáveis pela criança.

Na janela *Tabletop*, cada representação gráfica – a saber, diagramas de Venn (Figura 2), histogramas de frequência, e gráficos de coordenadas (Figura 3) – é definida através da escolha de uma coluna a ser visualizada, e a reorganização dos dados mantém a característica da estrutura inicial, de ser baseada em propriedades. Uma vez que a variável é escolhida, seus valores são dispostos na coordenada e cada ícone é colocado em correspondência com seus valores na

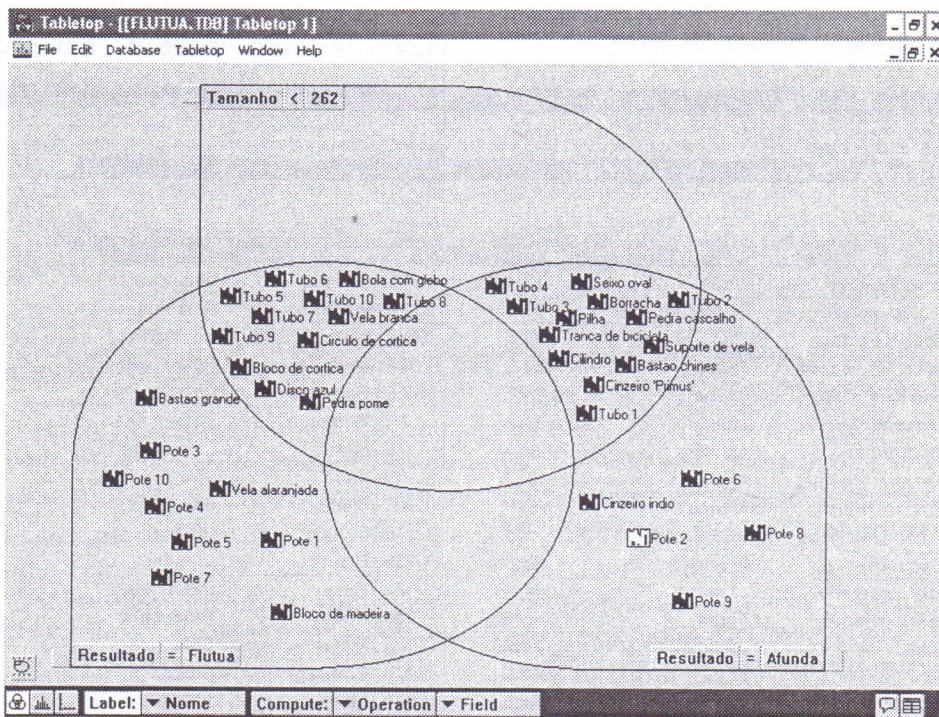


Figura 2 – Diagrama de Venn descrevendo dados sobre tamanho dos objetos e resultados no teste de flutuação.

E – O que você vê aí? Ian – Esses aqui são maiores; E – E o que aconteceu? Ian – (Eles) afundaram; E – E o que aconteceu com esses maiores? Ian – (Eles) flutuaram (...) Esses aqui flutuaram... e (eles) são menores; E – Eles flutuaram? Ian – Ah, não (eles) afundaram, digo (...) Esse também flutuaram, e (eles) são menores... Então, o tamanho não faz diferença para todos (...) Apenas para alguns; E – Como é isso? F – (Ele) não faz diferença; E – E sobre a idéia de vocês de que os menores iriam afundar e os maiores iriam flutuar? Ian – Não. Aqui, eu acho que... (Ele) também não tem muito a ver; E – O que você quer dizer com “muito a ver”? Ian – Porque alguns flutuam... os maiores podem afundar ou flutuar, e os menores podem afundar ou flutuar.

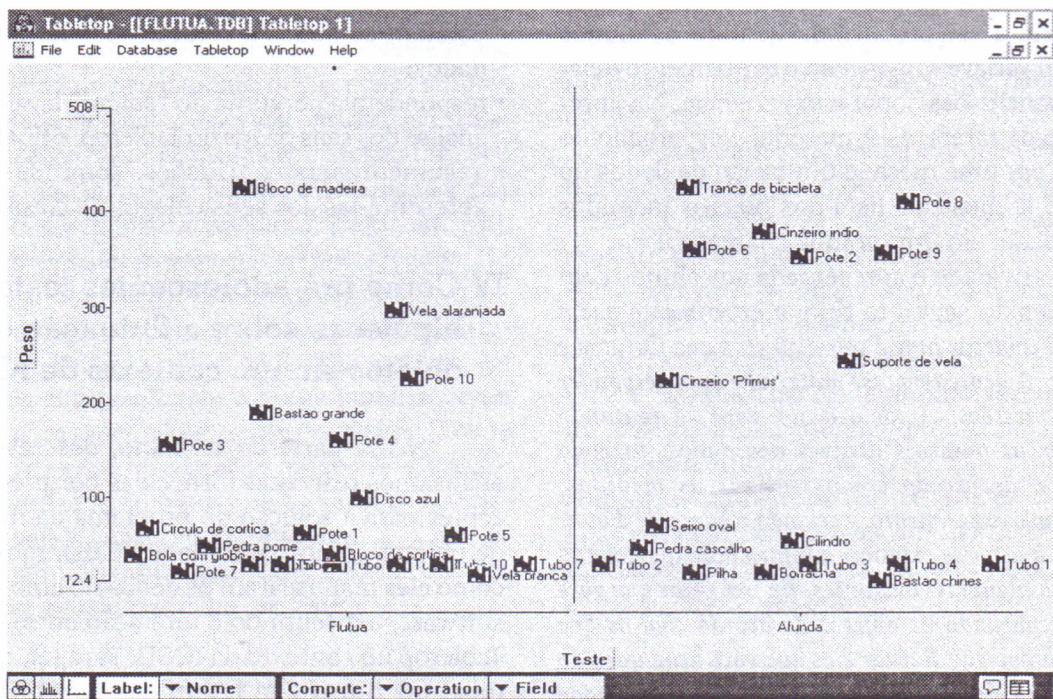


Figura 3 – Gráfico de coordenadas descrevendo dados sobre peso dos objetos e resultado no teste de flutuação.

*D – Eu acho que peso influencia. Eu acho que os mais pesados...; E – O que você observa aí? J – Bloco de madeira é o mais pesado, (ele) flutua; D – Porque tem outro fator que não deixa ele... J – Eu acho que não tem uma resposta, não é somente um...; D – (Nós) temos que colocar peso junto com... assim: o peso e o...; J – Esse tinha um espaço para a água entrar dentro... pode fazer com que... (..) D – Porque, olhe, o que é mais pesado... aqui, olhe, esse...; (..) E – O que você disse, Dany? D – Eu acho que o peso influencia; E – O que você acha do que Julia disse? D – O mais pesado...; J – Esse bloco de madeira, ele flutua; D – Porque ele tem uma superfície maior do que os pequenos...; J – Por aqueles que podem, (por causa do) volume, não é? D – Tranca de bicicleta, que é pequena, o volume...; J – Eu acho que é: volume, peso e...; D – Forma...; J – Também a forma. Bom, então todos os fatores fazem diferença (..)*

variável. Se o usuário quiser manejar somente um subgrupo de dados, o subgrupo pode ser selecionado, permitindo o controle de variáveis.

A principal razão para usar o software Tabletop como suporte para atividades de ICBD é a adequação do ambiente do software às necessidades da atividade. As duas janelas que constituem o software – para registro e análise de dados – correspondem exatamente às fases principais da ICBD. Além disso, duas outras características do Tabletop justificam a escolha para usá-lo em atividades de ICBD: primeiro, ele proporciona um número de operações analíticas junto com representações que tornam essas operações inteligíveis; e segundo, ele oferece flexibilidade e rico feedback, mais do que um padrão de análise pré-determinado, e assim estimula a exploração.

### Uma atividade de ICBD: a Flutuação de Objetos

Na atividade de flutuação de objetos, as questões principais são: (1) *que objetos flutuam e*

*que objetos afundam quando colocados na água?* e (2) *por que alguns objetos flutuam e outros afundam quando colocados na água?*

A segunda dessas questões, que demanda uma explicação, envolve um problema cuja resolução requer a separação de variáveis, representando, assim, uma fonte rica de informações sobre as estratégias adotadas por pré-adolescentes para usar operações formais de pensamento. Na realidade, essa atividade foi adaptada do exame clássico Piagetiano sobre *Flutuação de Corpos* (PIAGET, 1958), utilizado pelo pesquisador no estudo do pensamento formal.

O material necessário a essa atividade consiste em uma ampla variedade de objetos, com diferente e contrastante material, cor, forma, tamanho, comprimento, peso, etc. (ver lista no banco de dados apresentado na Figura 1); um depósito com água; um kit para a manipulação de dados consistindo de instrumentos de medida – uma régua, uma fita métrica, uma balança, *beakers* de diferentes tamanhos, etc. – um computador com o software Tabletop instalado; e um



formulário a ser preenchido quando os alunos nomeiam variáveis, planejam o experimento e elaboram conclusões sobre a experiência. Na apresentação da tarefa, esse material é espalhado no chão ou em uma mesa, e um banco de dados no Tabletop já mostra a lista dos objetos incluídos na atividade, em uma coluna chamada *nome*.

A atividade é apresentada aos alunos com instruções do seguinte tipo: *o experimento que a gente vai começar hoje é sobre objetos que flutuam e afundam. A gente tem esse material e quer responder a essas questões. A idéia é que você vá tentando responder as questões através dos dados: fazendo previsões, decidindo como realizar as medidas, realizando o experimento, e criando o banco de dados, de forma que possa explorar a informação que coletou e chegar a algumas conclusões. Eu irei pedir que você comece separando os objetos de acordo com os que você acha que vão flutuar e os que você acha que vão afundar na água. Enquanto faz isso, você pode escrever nesse formulário sobre os fatores que você acha que podem contribuir para que os objetos flutuem ou afundem e que efeitos cada um desses fatores têm sobre o flutuar ou afundar do objeto, em uma atividade de previsão. Então você pode começar a criar um banco de dados. Depois, os dados irão mostrar se o que você previu acontece ou não, e devem ajudá-lo(a) a responder as questões.*

Enquanto desenvolvem a atividade, os alunos passam pelos seguintes passos:

- classificam os objetos de acordo com o que eles acham que acontecerá quando colocá-los na água, isto é, se esses objetos irão flutuar ou não;
- explicam as bases de sua classificação, definindo os fatores que segundo eles podem levar um objeto a flutuar ou afundar, e também fazendo previsões sobre os efeitos deles na flutuação dos objetos;
- colocam os objetos na água, testando se flutuam ou afundam, e começando a criar um banco de dados com as informações que obtêm do resultado do teste;
- respondem a primeira questão principal através da análise de dados no Tabletop;
- resumem suas observações, procurando por uma lei que explique suas respostas à pergunta do “por quê”;
- adicionam colunas a seus bancos de dados de acordo com a sua lista dos fatores relevantes, e definem como eles devem descrever ou medir as categorias ou valores que cada fator assume;

- coletam os dados e colocam-nos no banco de dados;
- respondem a pergunta do “porquê” baseados na análise dos seus dados no Tabletop; e finalmente,
- resumem suas conclusões, como se fossem apresentá-las aos seus colegas de classe.

#### IV Como pré-adolescentes testam hipóteses sobre a flutuação de objetos em um contexto de ICBD

Nessa parte do trabalho, descrevemos e analisamos respostas fornecidas por pré-adolescentes para a solução do problema da flutuação de objetos como atividade de ICBD, mostrando como eles manusearam os dados no ambiente do software, e discutindo a interação entre eles e o Tabletop no contexto da ICBD. Para tal, focalizamos: (a) o uso que fazem das ferramentas do Tabletop para testar suas hipóteses sobre o porquê objetos flutuam ou afundam na água; e (b) os esquemas de raciocínio que aplicam para testar essas hipóteses.

Os dados aqui apresentados fizeram parte de estudo realizado no nosso doutoramento (LIRA, 2000), com alunos de 5ª e 6ª séries de escola particular paulista, entre 10 e 13 anos de idade, os quais desenvolveram, em duplas, atividades de ICBD por aproximadamente 12 encontros de duas horas de duração, cada. Os alunos das duas duplas aqui referidas cursavam a 5ª série e tinham 11 e 12 anos de idade. Vejamos algumas respostas fornecidas por Ian e Fabrício, testando hipótese sobre tamanho. Nos trechos dos protocolos de resposta apresentados, usaremos sempre *E* para examinador, e as iniciais ou o próprio nome dos estudantes para designá-los.

Os recursos usados por Julia e Daniela para pensar sobre a hipótese delas foi um gráfico no qual *peso* e *teste* estavam cruzados no primeiro plano, e dados sobre *nome* estavam apresentados em um segundo plano. Começaram aplicando um esquema de raciocínio pertinente para *peso absoluto*, como a seguir: objetos pesados devem afundar, do contrário a hipótese não é verdadeira [se *p* então *q*, a hipótese é verdadeira]. Julia então apontou para uma contradição – o objeto mais pesado e que flutuava, o bloco de madeira [se *p* então *não-q*, a hipótese é falsa].

As garotas propuseram então a hipótese sobre *peso* e outro fator (*J* – Eu acho que (...) não é

somente um...;  $D - (Nós\ temos\ que\ colocar\ peso\ junto\ com...)$ . Elas passaram a considerar *volume/forma* no esquema de pensamento delas, nos seguintes termos: *objetos pesados deveriam afundar, mas se eles são grandes, eles flutuam*. Elas transformaram seu esquema inicial *objetos pesados devem afundar por objetos pesados e grandes devem flutuar* [se  $p.r$ , então  $q$ ], e *objetos pesados e pequenos devem afundar* [se  $p.não-r$ , então  $não-q$ ]. Em outras palavras, o esquema de pensamento que elas aplicaram intuitivamente corresponde a: *peso sendo o mesmo, objetos maiores devem flutuar e objetos pequenos devem afundar, do contrário a hipótese não é verdadeira* [Sendo  $p$  igual, se  $r$  então  $q$ , e se  $não-r$  então  $não-q$ , a hipótese é verdadeira]. Note que as garotas associaram *volume e forma* e conseqüentemente não tinham definido ainda qual dessas variáveis elas deveriam considerar *junto com o peso*.

## V Considerações finais

A análise dos protocolos de respostas acima demonstra a riqueza da interação entre pré-adolescentes e o software Tabletop incorporado em atividades de investigação científica. Os recursos do software, como os diagramas de Venn e gráfico de coordenadas, tornam possível a compreensão dos dados da experiência científica, assim como o teste de hipóteses sobre o problema em foco. Fabrício e Ian fizeram um uso apropriado das ferramentas do Tabletop para testar sua hipótese sobre a influência do tamanho na flutuação dos objetos: observando dados que contradiziam a sua hipótese inicial de que objetos grandes flutuam e objetos pequenos afundam, eles refutam essa hipótese, concluindo que o tamanho não influencia a flutuação dos objetos. No teste dessa hipótese, seus esquemas de raciocínio são aplicados em consonância com o que observam através do software, que possibilita a elaboração de conclusões lógicas.

Também Júlia e Daniela puderam dar sentido aos dados observados através da representação gráfica no Tabletop, testando a hipótese inicial sobre peso absoluto a partir da aplicação de esquemas de raciocínio lógico em paralelo a observação de dados contraditórios. As garotas ainda propuseram uma nova hipótese sobre a influência de peso junto com outro fator, a qual foi formulada através da aplicação de esquema de pensamento do tipo *mantendo o peso constante, então objetos maiores devem flutuar e objetos menores*

*devem afundar*. A discussão do volume, no entanto, não encontrou referente no gráfico, apesar de fazer parte dos esquemas de pensamento das garotas.

Esses dados demonstram que tanto as estruturas de raciocínio previamente construídas, quanto a estrutura de aprendizagem que emerge durante a interação que acontece nessa experiência educacional dizem sobre a forma através da qual os alunos lidam com os requerimentos das atividades de manejo de dados, e respondem a eles. Essa estrutura de aprendizagem resulta do nível de desenvolvimento da criança, do que demanda a atividade tal como ela é praticada na cultura, e também da forma através da qual as pessoas, cujo papel inclui a transmissão de significados culturalmente atribuídos, participam das construções desses alunos.

## Bibliografia

- Ainley, J. & Pratt, D. (1994). *Runaway cars*. *Micromath*, 10, (2), 18-19.
- Bezanilla Albisua, M. J. (1992). *Children's understanding and use of a data base*. Unpublished doctoral dissertation, IOE, University of London.
- Hancock, C., Kaput, J. J. & Goldsmith, L. T. (1992). *Authentic inquiry with data: critical barriers to classroom implementation*. *Educational Psychologist*, 27, (3), 337-364.
- Healy, L. & Hoyles, C. (1993). *Data handling in the primary classroom: teachers and pupils as research designers* (Part of the Primary Data Handling Pack). Hertz, UK: Advisory Unit Enterprise Limited.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1964). *The early growth of logic in the child*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Lira, A. K. M. de (2000) *Separating variables in the context of data handling*. Unpublished doctoral dissertation, IOE, University of London.
- Shaughnessy, J. M., Garfield, J., & Greer, B. (1996). *Data handling*. In A. J. Bishop et al. (Eds.), *International handbook of mathematics education* (part one, pp. 205-237). London: Kluwer.
- TERC - Technology Research Center (1989-1995) *Tabletop<sup>TM</sup>* [Computer Software].

Cambridge, MA: Author & Broderbund Software for Education.

Underwood, J. (1994). *Databases*. In J. Underwood (Ed.), *Computer Based Learning* (pp. 79-101). London: David Fulton.

Underwood, J., & Underwood, G. (1990).

*Computers and learning: Helping children acquire thinking skills*. Oxford, UK: Blackwell.

Underwood, J. & Underwood, G. (1987). *Data organisation and retrieval by children*. *British Journal of Educational Psychology*, 57, 313-329.