

CBL E CALCULADORA GRÁFICA: NOVOS INSTRUMENTOS INTEGRANDO O ENSINO DE MATEMÁTICA E FÍSICA.

Fernanda Cesar Bonafini
Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Carvalho Borba
UNESP - Rio Claro

I - Introdução

Este artigo representa uma parte inicial de minha pesquisa de mestrado, na qual tenho como objetivo principal analisar *como estudantes de um curso de Física podem trabalhar conceitos matemáticos e físicos ao utilizarem o CBL (Calculator Based Laboratory) e a Calculadora Gráfica em atividades de experimentação.*

Entendo por experimentação “uma prática onde problemas abertos são propostos pelo professor e onde há uma exploração em grupo de temas relacionados com a matemática” (BORBA, 1999, p.26). O objetivo geral dessas atividades de experimentação é encontrar o melhor ajuste de funções para dados experimentais, modelando o fenômeno, validando a teoria e interpretando os valores dos parâmetros dessas funções.

Para que isso ocorra, será necessário que o aluno combine conhecimento de diferentes tipos de funções com conhecimento sobre experimentos físicos. As atividades de experimentação poderão facilitar a interdisciplinaridade, integrando a Matemática à Física, pois ao experimentar, os alunos poderão verificar as aplicações da Matemática na prática para um dado conceito desenvolvido.

A pesquisa será desenvolvida numa perspectiva qualitativa, pois como GOLDENBERG (2000) afirma nesta abordagem “a preocupação do pesquisador não é com a representatividade numérica do grupo pesquisado, mas com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, de uma trajetória etc” (p. 14). Sabendo que a abordagem qualitativa em uma pesquisa também “consiste em descrições detalhadas de situações com o objetivo de compreender os indivíduos em seus próprios termos” (GOLDENBERG, 2000, p. 53), acredito ser esta a metodologia mais indicada para esta investigação.

Procurarei na pesquisa de mestrado utilizar o CBL e a calculadora gráfica em experimentos de ensino, de modo a realizar atividades de experimentação envolvendo conteúdos de Física, como por exemplo a Lei de Resfriamento de Newton, onde os estudantes verificam o comportamento do resfriamento de substâncias. Neste exemplo, será possível trabalhar com coleta de dados, modelos matemáticos, funções exponenciais, entre outras.

Neste artigo apresentarei primeiramente o que são esses novos instrumentos, mostrando quais são suas possibilidades seguido de uma revisão parcial de literatura, visto que meu projeto de pesquisa está em fase de elaboração.

II – Calculadoras Gráficas, CBR e CBL

As calculadoras de quatro operações já são utilizadas à cerca de trinta anos no ensino e desde então, têm-se tornado cada vez mais sofisticadas. Sua evolução deu-se a partir de calculadoras elementares que permitiam ao usuário fazer cálculos aritméticos simples. Após isso, surgiram as calculadoras científicas; estas já permitiam realizar operações antes trabalhosas como, por exemplo, os logaritmos.

No decorrer dos anos 80, a capacidade de representação gráfica foi incorporada em pequenas calculadoras portáteis, atribuindo-lhe o nome de calculadora gráfica (Fig. 01). Essas são superiores às calculadoras científicas, pois possuem além de inúmeras funções adicionais (como por exemplo, as funções estatísticas) a propriedade de confeccionar diversos tipos de gráficos a partir de funções ou tabela de dados, ambos inseridos pelo aluno.

A calculadora gráfica é um instrumento portátil que pode dar ao aluno a possibilidade de recolher, trabalhar e trocar dados com professores e colegas dentro e fora da sala de aula, não só nas atividades de Matemática, mas também em aulas de Física, Química, Biologia e disciplinas afins de cada currículo.

O CBR (Calculator Based Ranger) é um detector sônico sendo,

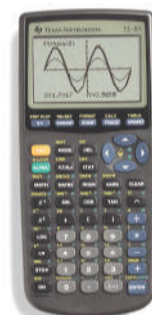


Fig. 01: Calculadora Gráfica.

geralmente, utilizado para estudo das leis de movimento (medição de distância) e suas análises posteriores como velocidade e a aceleração. Com o CBR é possível fazer a coleta de dados e visualizá-la através de uma calculadora gráfica conectada a ele, designando assim, um sistema CBR.

O **CBL** (Calculator Based Laboratory - Fig. 02) é também um dispositivo utilizado para coleta de dados. É um aparelho portátil, produzido pela Texas Instruments que funciona com pilhas, sendo assim um instrumento autônomo na coleta de dados (medição de grandezas).

Possuindo dimensões compactas ele pode ser usado em atividades de Matemática e Ciências, de um modo geral. Esse dispositivo pode ser conectado à vários sensores (ponta de prova) fabricados pela Vernier, dentre eles: detector de movimento, tensão, luz, pH, pressão, condutividade, temperatura, força, batimentos cardíacos e muitos outros, possibilitando que a sala de aula se transforme em um laboratório.

É importante elucidar que somente os sensores acima, não são capazes de efetivar um experimento, sendo necessário que eles estejam conectados ao CBL (Calculator Based Laboratory). Para a visualização e armazenamento dos dados coletados poderemos utilizar um microcomputador, o que caracteriza um sistema MBL (Microcomputer Based Laboratory) ou uma calculadora gráfica, caracterizando um sistema CBL.

O sistema composto de calculadora gráfica e CBL será chamado somente de sistema CBL (Fig. 03) e, por sua vez, o sistema composto de microcomputador e CBL será chamado de sistema MBL. Em ambos os casos, o aparelho CBL faz a coleta de dados que pode ser visualizada na calculadora ou no microcomputador, respectivamente.

As atividades de experimentação envolvendo conteúdos como atrito cinético e estático, impulso e momento, velocidade do som, energia elétrica entre outros podem ser feitas com o sistema MBL ou com o sistema CBL. Um ponto importante do sistema MBL em relação ao sistema CBL é a melhor resolução da tela gráfica do computador para a análise dos dados. Em contrapartida, destaco o sistema CBL como favorável se for levada em conta a sua portabilidade, além do baixo custo quando comparado ao uso do microcomputador para a visualização dos dados coletados.

Na próxima seção, apresento uma revisão parcial de literatura.



Fig. 02: CBL



Fig. 03: Sistema CBL.

III – Pesquisas utilizando esses instrumentos

O uso de tecnologia portátil, como as calculadoras gráficas, vem sendo objeto de estudo de vários pesquisadores. Dentre eles destaco as pesquisas de SOUZA (1996), BORBA (1995), SOUZA e BORBA (1996,1998) que propõem o uso de calculadoras gráficas como instrumento pedagógico envolvendo o estudo de funções e de funções quadráticas. Os autores afirmam que a calculadora gráfica, quando utilizada como instrumento pedagógico, permite que os alunos durante a construção dos gráficos, re-avaliem constantemente suas hipóteses e conjecturas possibilitando assim, um método empírico de aprender matemática.

Em seus trabalhos SESTOKAS-FILHO e BONAFINI (2000, 2001 e 2002), destacam o uso de calculadoras gráficas em atividades de sala de aula. Os autores aconselham que, nessas atividades, de 15 a 20 minutos de duração, os alunos trabalhem em pequenos grupos enquanto o professor percorre a sala de aula auxiliando-os. Salientam que, deste modo, os alunos têm a oportunidade de negociar idéias, formular conceitos e construir seu próprio conhecimento em um ambiente favorável à experimentação.

Ao deslocar meu olhar para fora do Brasil, deparo-me com as pesquisas de KEMP, KISSANE e BRADLEY (1996) que procuraram incorporar o uso da calculadora gráfica na estrutura curricular, possibilitando que o aluno a utilizasse inclusive nas provas. Já WAITS (1992), em um de seus trabalhos, enumera dez tópicos que podem ser explorados com a calculadora gráfica em sala de aula, dentre eles a modelagem, simulação, condução de experiências matemáticas, onde o aluno pode formular e testar suas conjecturas.

Em suas pesquisas, DUNHAM (1994) sustenta que as calculadoras gráficas podem facilitar a mudança do papel do professor e do aluno na sala de aula, resultando em um ambiente de maior interação e exploração. Relata, que observações feitas em sala de aula, mostram que a calculadora gráfica tem mudado significativamente o relacionamento dos alunos em sala.

Do mesmo modo, WATANABE (1996) enfatiza a importância da presença das calculadoras gráficas como elemento transformador na educação matemática japonesa, que tem como característica um ensino formal e fortemente centrado na resolução de exercícios. Salienta, com exemplos, o uso da calculadora gráfica em aulas de pré-cálculo, cálculo diferencial e resolução de problemas, criando um ambiente que pôde despertar a criatividade dos alunos e fazê-los 'perceber', realmente, a Matemática existente nos problemas apresentados.

Percebo que, quando a ferramenta é somente a calculadora gráfica, vários trabalhos são encontrados na literatura. Porém, quando se trabalha com dispositivos de coleta de dados, esses trabalhos começam a ficar escassos e as poucas informações encontradas estão em teses, periódicos e anais de conferências.

SCHEFFER (2001) pesquisou a relação entre os movimentos corporais e as representações gráficas cartesianas desses movimentos, quando produzidos com o uso do CBR. Seu estudo mostra o fato de os estudantes, às vezes, associarem o movimento com a figura de sua trajetória quando utilizam o sensor. Ela afirma que isso se justifica, se nesses momentos os alunos estiverem representando o desenho de uma trajetória e não um gráfico, no plano cartesiano, que descreve uma função a partir de uma variável.

A autora afirma que nas experiências corporais com o CBR, o movimento assumiu diferentes representações para os estudantes. Os gráficos, por exemplo, foram resultados de uma situação de movimento vivenciados pelos estudantes com os sensores e não somente foram uma representação de um conjunto de pontos.

Visando aumentar o entendimento de gráficos cinemáticos, alguns pesquisadores colocam ênfase em atividades com o uso do sistema MBL. De modo a produzir gráficos em tempo real das variáveis, por exemplo: de posição, velocidade, aceleração, aquecimento ou intensidade de luz. Numa atividade com o MBL, os estudantes usam o instrumento para produzir gráficos de uma ocorrência física real que eles criaram em sala de aula.

Dykstra, Bolye e Monarch em HALE (2000) chegaram à conclusão de que atividades com MBL permitem uma abordagem mais efetiva, procurando ajudar os estudantes a ter uma visão diferenciada do comportamento da velocidade e aceleração por exemplo, o que às vezes não é possível somente ao olhar um gráfico pronto. Acreditam que as atividades com MBL são usadas para ajudar os estudantes a confrontar conflitos que surgem quando eles vêem gráficos similares representando grandezas distintas.

Direcionando o foco na revisão de literatura e procurando me aproximar da pergunta da pesquisa que visa saber *como estudantes de um curso de Física podem trabalhar conceitos matemáticos e físicos ao utilizarem o CBL e a Calculadora Gráfica em atividades de experimentação*, noto que BASSOK e HOLYOAK (1989) estudaram as dificuldades na conexão de gráficos com conceitos físicos e verificaram que conceitos isomórficos na sala de aula de Matemática permitiram que os alunos transferissem os conceitos matemáticos da Álgebra para as aulas de Física. Contudo, quando conteúdos físicos isomórficos ao currículo de Matemática foram trabalhados primeiramente na aula de Física, os alunos não conseguiram estabelecer as relações com o conteúdo matemático. Eles acreditam que, se usarmos a Matemática para apoiar os conceitos vindos de outras disciplinas, como a Física, a transferência de conceitos físicos para conceitos matemáticos venha a existir.

Em seus trabalhos, DOERR e ZANGOR (2000) pesquisaram qual o significado de uma calculadora gráfica utilizada pelos estudantes e seus professores e como eles usaram esse instrumento para a construção do significado matemático em tarefas específicas. Elas relataram os resultados de um exame qualitativo que levantou: (1) o papel, o conhecimento e as crenças de um professor de pré-cálculo, (2) como os alunos usaram a calculadora gráfica no suporte de seu aprendizado de Matemática, (3) as relações e interações entre o papel do professor, conhecimento, crenças e o uso da calculadora gráfica pelo estudante em seu aprendizado matemático, e (4) alguns constrangimentos do uso da calculadora gráfica que emergiram com a prática em sala de aula. As autoras encontraram cinco formas de uso da calculadora gráfica que surgiram da prática: o uso como ferramenta computacional, ferramenta transformacional, ferramenta para coleta e análise de dados e como ferramenta de visualização e verificação.

Olhando mais especificamente a calculadora gráfica como uma ferramenta de coleta e análise de dados experimentais, as autoras observaram que nas atividades propostas os estudantes coletaram, armazenaram, compararam e re-coletaram dados até que eles pudessem decidir se tinham adquirido um conjunto satisfatório de dados. Na maioria das atividades, elas perceberam que os estudantes repetiam o mesmo experimento muitas vezes, até que o conjunto de dados por eles coletados combinasse com as expectativas que eles tinham sobre o comportamento do fenômeno. Neste tipo de uso do sistema CBL, os estudantes necessitaram se

engajar no entendimento do contexto da atividade e na decisão a ser tomada, embora, o processo de conjecturas, refinamento e negociação tenha se constituído somente para escolher um conjunto satisfatório de dados.

Os resultados desse estudo sugerem que a natureza das atividades matemáticas, o papel, o conhecimento e as crenças do professor influenciaram no uso dos instrumentos. As autoras também perceberam que o uso da calculadora gráfica, como um dispositivo pessoal, pode inibir a comunicação em um pequeno grupo, em contrapartida o uso desta ferramenta como dispositivo coletivo permite o aprendizado matemático e a interação da classe.

HALE (2000) também enfatiza um benefício dos dispositivos de coleta de dados, como sendo, uma maior interação dos estudantes incorporando conceitos gráficos. Para ela, fica evidente, que o sistema CBL com a comunicação dos estudantes favoreceram o desenvolvimento do conhecimento matemático e científico nos alunos que participaram das atividades.

Neste trabalho, ela examina como os estudantes constroem e reconstróem entendimentos conceituais usando o discurso juntamente com o sistema CBL. HALE (2000) encontrou no uso do CBL grupos cooperativos de alunos, porém os discursos de alguns alunos, nas atividades, poderiam levar outros a concepções errôneas e a autora aproveitou esses momentos para esclarecer os conceitos sem esquecer que as concepções erradas fazem parte da construção do conhecimento e que não devem ser eliminadas do processo de aprendizagem.

Afirma CALDWELL (1996) que com o uso do CBL e da calculadora gráfica os estudantes estão aptos a observar fisicamente a relação funcional entre duas variáveis e, então, observar uma representação gráfica dessa relação, como um gráfico de pontos (*scatter plot*). Os estudantes também podem observar a representação numérica dessa relação, pelo traço entre os pontos do gráfico e pela observação das listas, nas quais os dados foram armazenados. Dessa maneira, os estudantes podem então usar a calculadora gráfica para determinar uma equação de modo a ajustar os pontos e obter então, uma representação simbólica dessa relação.

Um ponto comum entre os pesquisadores que trabalham com o sistema CBL/MBL é que, como sugere ADIE (1996), uma proposta educacional de atividades com uso do CBL deverá ter como objetivo principal auxiliar o estudante a entender os processos físicos e matemáticos essenciais.

IV – Considerações Finais

Com as atividades de experimentação, acredito criar situações físicas reais onde o aluno possa identificar modelos matemáticos, desenvolver estratégias para sua resolução, formular hipóteses, testá-las no experimento e interpretar os resultados.

Será possível que o aluno descubra os conceitos de Matemática na Física, conjecturando e formulando suas generalizações a partir de experiências.

Acredito, finalmente que essa pesquisa possa acrescentar contribuições importantes, uma vez que, poucos são ainda os trabalhos acadêmicos com o uso de dispositivos de coleta de dados que relacionam a Matemática e a Física no ensino superior.

V - Referências Bibliográficas

ADIE, G. The Impact of the Graphics Calculator on Physics Teaching. *Physics Education*, vol. 3(1), pp.50-54, 1998. Disponível em: <http://www.iop.org/journals/pe>. Acesso em: 05/05/2002.

BASSOK, M.; HOLYOAK, K. Interdomain Transfer between Isomorphic Topics in Algebra and Physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 15, p.153-166, 1989.

BORBA, M.C. O uso de calculadoras gráficas no ensino de funções na sala de aula. *Anais da Semana de Estudos em Psicologia da Educação Matemática*, p.67-73, UFPE, 1995.

BORBA, M.C. Calculadoras Gráficas no Brasil. In: E. K. Fainguelernt e F. C. Gottlieb (Org.), *Calculadoras Gráficas e Educação Matemática*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Art Bureau, 1999.

CALDWELL, F. Bring Functions and Graphs to Life with the CBL. *AMATYC Annual Conference*, 1996.

DOERR, H.; ZANGOR, R. Creating Meaning for and with the Graphing Calculator. *Educational Studies in Mathematics* 41. p.143-163, 2000.

DUNHAM, P. H.; DICK, T. P. Research on Graphing Calculators. *Mathematics Teacher*, vol. 87, pp. 440-445, 1994.

GOLDENBERG, M. *A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2000.

HALE, P. Connecting Research to Teaching: Kinematics and Graphs: Students' Difficulties and CBLs. *Mathematics Teacher* 93, p.414-418, 2000.

KEMP, M.; KISSANE, B.; BRADLEY, J. Graphics calculator use in examinations: Accident or design? *Australian Senior Mathematics Journal* 10(1), p.36-50, 1996.

SCHEFFER, N. F. *Sensores, Informática e o Corpo: A Noção de Movimento no Ensino Fundamental*. 242f. (Tese de Doutorado em Educação Matemática) UNESP, Rio Claro – SP, 2001.

SESTOKAS-FILHO, B.; BONAFINI, F.C. Graphics Calculator as a Personal Mathematical Assistant in Engineering Courses. *International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE)*, 2000.

SESTOKAS-FILHO, B.; BONAFINI, F. C. Os Ensinos da Matemática e da Física podem ser conectados através de Calculadoras Gráficas?. *53ª Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)*, 2001.

SESTOKAS-FILHO, B.; BONAFINI, F.C. The use of Graphics Calculators to extract meaning from parameters. *International Conference on Engineering and Technology Education (INTERTECH)*, 2002.

SOUZA, T. A. *Calculadoras Gráficas: Uma Proposta Didático-Pedagógica para o Tema Funções Quadráticas*. 221f. (Dissertação de Mestrado em Educação Matemática) UNESP, Rio Claro – SP, 1996.

SOUZA, T.A.; BORBA, M.C. Calculadoras Gráficas e Funções. *IV Encontro Paulista de Educação Matemática (EPEM)*, p.89-96, 1996.

SOUZA, T.A.; BORBA, M.C. Calculadoras Gráficas e Funções na Aula de Matemática. *VI Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM)*, p.274-275, 1998.

Texas Instruments. Disponível em: www.ti.com. Acesso em: 05/05/2002.

Vernier Software & Technology. Disponível em: www.vernier.com. Acesso em: 05/05/2002.

WAITS, B. *The Power of Visualization in Calculus*. TICAP Project, 1992.

WATANABE, S. The Change of the Method in Mathematics Education with TI-82 in Japan. In: P. Gomes e B. Waits. *Roles of Calculators in the Classroom*, p.197-206, 1996.