

TECNOLOGIA PORTÁTIL E A REORGANIZAÇÃO DO PENSAMENTO

Fernanda Cesar Bonafini¹

Resumo — Neste artigo apresenta-se primeiramente os instrumentos denominados no título por tecnologia portátil, que são: a Calculadora Gráfica, o MBL (Microcomputer Based Laboratory), o CBR (Calculator Based Ranger) e o CBL (Calculator Based Laboratory). Destacando em seguida suas possibilidades como: recolher, trabalhar e trocar dados com professores e alunos dentro e fora da sala de aula. Após isso, faz-se uma revisão de literatura empregando o uso desses instrumentos e destacando suas potencialidades propostas por alguns autores, tais como: a utilização como instrumento pedagógico, a alteração da dinâmica da sala de aula, o uso na construção e reconstrução de gráficos, sua efetividade na condução de experiências cinestésicas envolvendo o tema movimento, entre outras. Num terceiro momento, apresenta-se as idéias de reorganização do pensamento também presente no título do artigo. Nas considerações finais, elabora-se um entrecorte da revisão de literatura sob a ótica da reorganização do pensamento pontuando algumas analogias e colocando neste bojo a pergunta de pesquisa da autora.

Index Terms — tecnologia portátil, calculadoras gráficas, cbl, reorganização do pensamento.

INTRODUÇÃO

Este artigo é parte de minha pesquisa de mestrado, na qual tenho como objetivo principal analisar, *como estudantes 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.

Neste artigo apresentarei brevemente os instrumentos que denomino no título por tecnologia portátil, uma revisão parcial de literatura, as idéias de reorganização do pensamento também presente no título do artigo e finalmente nas conclusões finais faço um entrecorte da revisão de literatura sob a ótica da reorganização do pensamento.

TECNOLOGIA PORTÁTIL

A tecnologia portátil ou tecnologia de mão presente nas calculadoras gráficas, dá 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.

As calculadoras gráficas 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.

Outro instrumento portátil é o CBR (Calculator Based Ranger). Ele é um detector sônico, sendo geralmente utilizado para estudo das leis de movimento (medição de distância) e suas análises posteriores como velocidade e 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.

Além do CBR citado acima, destaco o CBL (Calculator Based Laboratory) que é também um dispositivo utilizado para coleta de dados. Este sendo um aparelho portátil, 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), 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.

¹ Fernanda Cesar Bonafini, UNESP – Universidade Estadual Paulista – Rio Claro, Rua 24A, 1515. Rio Claro, São Paulo, SP, Brazil, fbonafini@yahoo.com

É importante elucidar que somente os sensores acima, não são capazes de efetivar um experimento, sendo necessário que eles estejam conectados ao CBL. 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.

PESQUISAS REALIZADAS

Início esta seção, com a revisão de literatura que emprega o uso das calculadoras gráficas, do MBL, do CBR e finalmente do CBL. Na segunda parte, proponho as idéias de Tikhomirov (1981) que questiona se o computador afeta a atividade intelectual humana, e se sim, de que maneira. Num terceiro momento, evidencio as teorias desse autor enquanto perpasso por pontos principais da literatura. Desta maneira, informo ao leitor que as pesquisas com o uso desses instrumentos (calculadoras gráficas, MBL, CBR e CBL), se misturam ao longo dessa relação.

Calculadoras Gráficas

O uso de tecnologia portátil, como as calculadoras gráficas, vem sendo objeto de estudo de vários pesquisadores. Dentre eles destaco 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. 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 próprias conjecturas.

Sustentam Dunham e Dick (1994), 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.

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.

Nota-se, nas pesquisas acima, que o uso da calculadora gráfica, acabou por provocar uma alteração na dinâmica da aula e no relacionamento dos alunos. Assim, procurando utilizar a calculadora gráfica como um instrumento pedagógico em sala de aula, Souza (1996), Souza e Borba (1998) propõem seu uso envolvendo o estudo de funções e de funções quadráticas. Nessas atividades, os alunos analisam famílias de funções, estabelecendo relações entre as representações gráficas e algébricas dessas famílias. 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. O caráter empírico, para esses autores, deve-se a possibilidade de o aluno experimentar a construção de gráficos, funções e tabelas... em sala de aula com o uso da calculadora gráfica.

Sendo a construção de gráficos uma habilidade fundamental tanto no ensino de Física como no ensino de Matemática, Adie (1997, p. 213) postula que "o processo de construção de um gráfico envolve uma série de conhecimentos que não contribuem realmente para um profundo entendimento do conteúdo da Física". As habilidades não Físicas usadas quando desenhamos um gráfico no papel, também descritas em Sestokas-Filho e Bonafini (2002) são: desenho de linhas retas (com régua) para os eixos x e y, trabalho com escalas, desenho dos pontos no gráfico, cálculo da barra de erro, desenho da 'melhor linha' entre os pontos e interpretação da inclinação do gráfico se este for uma reta. Adie (1997) confere a calculadora o poder de cerrar esse ritual, sustentando que o aluno deve conceder mais tempo para concentrar-se na Física presente na atividade.

Uma alternativa para o desenho de gráficos em papel seria utilizar um programa de computador como o excel ou uma calculadora gráfica. Sabendo que geralmente o uso de gráficos em Física e/ou Matemática envolvem a procura de uma função, o cálculo da área sobre uma curva ou a procura da inclinação num ponto particular, Adie (1997) reforça que as calculadoras gráficas fazem todas estas operações facilmente pressionando alguns botões, mas os alunos ainda necessitam um entendimento fundamental do significados dos gradientes, coeficientes, áreas e unidades para interpretar sensivelmente os resultados. Usando uma calculadora gráfica ao invés de lápis e papel, esse autor afirma que a rota pedagógica para a compreensão será diferente, mudando a ênfase do ensino no processo de conseguir resultados para uma solução qualitativa, onde o aluno pode indagar quão bom o resultado significa. Assim, pode-se estabelecer novos tipos de perguntas baseadas na sondagem e na análise de dados.

Para esse autor "os alunos perdem muito tempo nos aspectos matemáticos dos problemas físicos. A calculadora

os livros disto permitindo que eles despendam mais tempo entendendo ou explicando Física” (p. 203).

Nota nos trabalhos acima, uma forte recorrência no uso da calculadora gráfica com características de simulação na construção de gráficos, de modo a fazer o estudante entender os processos matemáticos essenciais. No ensino superior, na Física há muitas oportunidades para o uso de cálculos de simulação, exemplos são mostrados no trabalho de Sestokas-Filho e Bonafini (2002).

Simulações com calculadoras gráficas são válidas, pois elas complementam os caminhos de estudo possibilitando que o aluno entenda os fenômenos físicos e os processos matemáticos presente em uma determinada atividade.

MBL/CBR

Além da simulação, possível com o uso de uma calculadora gráfica, nota-se em um curso de Física tradicional que um dos primeiros tópicos ensinados tanto em nível universitário quanto em nível médio é o tema movimento, incluindo os conceitos de posição, velocidade e aceleração. Sabendo que o gráfico é a melhor sintetização da relação funcional entre duas variáveis, muitos professores consideram o uso de gráficos num cenário de laboratório sendo de alta importância para reforçar e desenvolver um entendimento de muitos tópicos da Física, especialmente o movimento.

Se a construção de gráficos é uma capacidade valiosa nos estudantes, cabe saber qual é o nível dessas habilidades. Estudos têm identificado dificuldades nos alunos com tais habilidades gráficas. A dificuldade do estudante em fazer conexões entre gráficos de diferentes variáveis, conceitos físicos e mundo real faz com que eles percebam os gráficos como uma figura. (Linn, Layman, e Nachmias, 1987; McDermott, Rosenquist e van Zee, 1987).

Com estudantes do nível médio ou universitário, o MBL tem demonstrado a potencialidade de elevar os conhecimentos dos alunos em Física e habilidades cognitivas tais como a observação e a predição. Esses autores tomam uma efetividade do MBL, que é a de mostrar os dados graficamente, enquanto o movimento é realizado, dessa maneira a atividade torna-se uma experiência cinestésica, elevando assim as habilidades gráficas dos estudantes (Friedler, Nachmias e Linn, 1990; Mokros e Tinker, 1987; Brasell, 1987).

Linn, Layman e Nachmias (1987); Mokros e Tinker (1987); Brasell (1987), apresentam em seus trabalhos resultados das interpretações gráficas produzidas pelo MBL. Os autores realizaram testes de conteúdo de movimento em turmas com e sem o uso do MBL. Deste modo eles indicaram diferenças significativas entre o laboratório tradicional (sem tecnologia) e laboratório baseado em MBL, sendo o último mais efetivo na mudança conceitual dos estudantes.

Observo, nos artigos de Mokros e Tinker (1987), Brasell (1987) e Thornton (1987) que – segundo Elliott (2000) – em cada um foi feita análise estatística limitada pelos pontos de

pré e/ou pós testes para aferir as habilidades dos estudantes em conceitos físicos quando estes utilizavam o MBL.

Percebe-se que os autores tiveram a intenção que seus trabalhos fossem lidos por professores, assim à pesquisa de cada um é claramente baseada em sala de aula, sendo ela o ensino médio ou a universidade.

De um outro lado Bassok e Holyoak (1989) utilizaram o MBL para verificar as dificuldades dos estudantes na conexão de gráficos com conceitos físicos e constataram 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 conseguiam 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 suas pesquisas, Dykstra, Bolye e Monarch apud 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.

Ainda no veio do conceito de movimento e da construção de gráficos, tomo o trabalho de doutorado de Scheffer (2001) que 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, fato que vem corroborar com as pesquisas de Mokros e Tinker (1987); Linn, Layman e Nachmias (1987); McDermott, Rosenquist e van Zee (1987). A autora declara 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.

Neste ambiente de discussão, criado pelas mídias os estudantes observaram, analisaram e estabeleceram relações, enriquecendo-se suas concepções acerca do tema movimento.

Esses alunos realizaram experiências cinestésicas, como as discutidas com o uso do MBL em Linn, Layman e Nachmias (1987); Mokros e Tinker (1987); Brasell (1987).

CBL

O sistema CBL surge após o desenvolvimento do sistema MBL e com o uso desse novo sistema, encontro algumas pesquisas no ensino de Química e suas aplicações. Pesquisas como a de Cortés-Figueroa e Moore (1999) e Sales, Ragan e

Murphy (2001), enfatizaram com exemplos que o CBL vem facilitar a execução de experimentos em Química, devido ao seu baixo custo quando comparado a um computador ou a instrumentação de coleta de dados específica da área de Química. Sabendo que a instrumentação laboratorial é de extrema importância para o futuro pesquisador químico, esses autores enfatizam o uso do CBL em atividades durante a graduação salientando que com este uso há um aumento no aprendizado analítico dos estudantes.

Além do uso em Química, exponho a pesquisa de Giorgetti (2002), que descreve a estrutura, objetivo e metodologia para uma nova disciplina presente nos cursos de Engenharia, utilizando o CBL e a calculadora gráfica. O propósito desta disciplina é de sintetizar tópicos da matemática e desenvolver a habilidade da formulação de problemas nos alunos, desta maneira a disciplina assume um caráter de facilitadora integrando disciplinas básicas com as disciplinas da Engenharia.

Na condução desta disciplina, relata o autor, que o docente, adota o papel “de um treinador dos estudantes para a arte da formulação de problemas ou modelagem, desenvolvida com forte apelo ao uso de leis de conservação” (p. 01). Neste artigo são feitos três experimentos, que foram “planejados para serem executados facilmente na sala de aula com a participação intensa dos estudantes na seqüência fundamental da observação de fatos ou fenômenos, escolha de parâmetros para a quantificação dos mesmos, medição e aquisição de dados, e finalmente, modelagem (formulação) e simulação” (p. 01).

É enfatizado o processo de obtenção de resultados, o qual o autor nomeia de ‘seccionamento’ em suas fases, a primeira trabalhando com uma lei fundamental e a segunda adentrando uma lei particular ambas utilizando a calculadora gráfica e o CBL.

Por outro lado na disciplina de Matemática, Caldwell (1996) afirma 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 coletados através do CBL e obter então, uma representação simbólica dessa relação.

Corroborando com a pesquisa de Caldwell (1996), Doerr e Zangor (2000) pesquisaram qual o significado da calculadora gráfica como uma ferramenta de coleta e análise de dados experimentais e 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.

Assim, Hale (2000) também ressalta 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.

Tecnologias e a Reorganização do Pensamento

Nesta seção, exibo as idéias de Tikhomirov (1981), que propôs três teorias para questionar se o computador afeta a atividade intelectual humana. Esse autor utiliza o computador em sua teoria, porém amplio essa idéia para qualquer instrumento informático, que neste artigo são as calculadoras gráficas, o MBL/CBR e o CBL, porém continuarei nesta seção a utilizar a nomenclatura computador para ficar mais fiel ao autor.

A primeira teoria é considerada a teoria da substituição. Nesta teoria, como o próprio nome já diz, o computador substituiria o ser humano no âmbito intelectual. Neste caso, Tikhomirov (1981) leva em consideração que computador é capaz de chegar aos mesmos resultados que o ser humano na resolução de certos tipos de problemas, porém, ele rejeita esta teoria argumentando que os processos utilizados pelo ser humano, na busca da solução de um problema, não são os mesmos processos usados pelo computador na resolução de um mesmo problema. Por este motivo a teoria é rejeitada, pois ela não expressa a relação entre o trabalho do computador e o pensamento humano.

Assim, Tikhomirov (1981) apresenta uma segunda teoria, denominada por teoria da suplementação. Nesta teoria o

computador complementa o ser humano, onde o primeiro resolve problemas que são de difícil solução para o segundo. Borba (1999) esclarece que nesta teoria algumas partes do processo são realizadas pelo ser humano, enquanto outras são realizadas pelo computador. A união dessas partes equivale ao resultado final que, anteriormente, era realizado somente pelo ser humano.

Nesta visão, há uma justaposição entre o computador e ser humano. O computador vem suplementar o pensamento humano no processamento de informação, com isso aumentando a velocidade e o volume deste processo, permitindo ao ser humano processar informações, cada vez mais rápido e, talvez, com mais precisão. Nota-se aqui, que há somente um aumento quantitativo da atividade humana não considerando os aspectos qualitativos do pensamento, tais como a busca de possíveis soluções de um determinado problema.

Assim, Tikhomirov (1981) argumenta que as duas teorias anteriores - da substituição e a da suplementação - fracassam, pois não consideram o papel essencial da mediação numa atividade humana. Para o autor, não se trata apenas de considerar o computador substituindo processos mentais, ou então permitir um aumento puramente quantitativo nos processos psicológicos já existentes. O foco deve ser enxergar o computador como um novo tipo de mídia que pode mediar a atividade humana.

Tikhomirov (1981) sustenta, então que o computador não apenas expande a capacidade da atividade existente. O computador, atuando como mediador, faz também emergir um novo estágio de pensamento.

Trago agora a terceira teoria de Tikhomirov (1981), que é a teoria da reorganização, onde o computador é visto como uma nova mídia mediando as atividades humanas. Esse caráter mediador - originado pela teoria Vygotskiana - produz uma reorganização dos processos de criação, armazenamento de informação e nas relações humanas. Neste caso é possível argumentar que o computador provoca uma reorganização da atividade humana, definida por Borba (1999) como "moldagem recíproca" entre computadores e seres humanos, onde o computador é visto como algo que "molda o ser humano e que ao mesmo tempo é moldado por ele" constituindo assim o sistema ser-humano-computador.

Nesse sentido, não assumo as tecnologias apenas como meios, visto que a produção de conhecimento é permeada por elas. No veio de Tikhomirov (1981), Borba e Penteadó (2001) propõem a metáfora seres-humanos-com-mídias. Colocando em voga que uma nova tecnologia não somente se justapõe aos seres humanos, mas interagem com eles, os autores propõem que o pensamento é exercido pelo sistema seres-humanos-com-mídias. Este sistema torna-se uma ampliação do sistema ser-humano-computador proposto por Tikhomirov (1981), considerando o pensamento como algo coletivo do qual fazem parte as tecnologias da inteligência disponíveis ao longo da história (BORBA, 1999). É com esse olhar que passo a seção seguinte onde procuro

relacionar as pesquisas realizadas com as teorias apontadas por Tikhomirov (1981).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Influenciada por Tikhomirov (1981), retomo a terceira seção, pontuando algumas analogias entre pesquisas realizadas e a reorganização do pensamento.

Ao se tratar da teoria da substituição, não evidencio nenhum trabalho nesta categoria, o que evidentemente não contemplaria atividades em sala de aula com o uso desses instrumentos (calculadora gráfica, MBL/CBR e CBL).

Passando para a teoria da suplementação, percebo que o trabalho proposto por Adie (1998), concebe o uso de calculadoras gráficas para os alunos utilizando a concepção fixada nesta teoria, isso fica presente no recorte: "os alunos perdem muito tempo nos aspectos matemáticos dos problemas físicos. A calculadora os livra disto permitindo que eles despendam mais tempo entendendo ou explicando Física" (p. 203).

Ilustrando esta teoria - a da suplementação - vem o artigo de Giorgetti (2002), quando o autor declara que na condução da disciplina, o docente adota o papel "de um treinador dos estudantes para a arte da formulação de problemas ou modelagem, desenvolvida com forte apelo ao uso de leis de conservação" (p. 01). Nota-se então, que neste contexto a calculadora está complementando o aluno, resolvendo tarefas matemáticas.

Neste momento é importante salientar ao leitor que ambos autores (Adie, 1998; Giorgetti, 2002), relatam o uso de calculadoras gráficas e CBL em disciplinas de aplicação. Nestas disciplinas, na maioria dos casos a Matemática assume o caráter de ferramenta para um objetivo maior, no caso entender a Física presente em um determinado experimento, isso também é notado no trabalho de Bassok e Holyoak (1989). Então, sob o viés das teorias de Tikhomirov (1981), creio que não se pode justificar o uso de um instrumento em sala de aula levando em conta somente que esse instrumento possa favorecer o ensino de outra disciplina à alunos deficientes em conhecimentos matemáticos ou somente com o intuito de enfatizar a prática.

Dirigindo-me agora para a terceira teoria de Tikhomirov (1981), percebo no relato de Dunham e Dick (1994), Watanabe (1996), Souza e Borba (1996, 1998) e Sestokas-Filho e Bonafini (2000, 2001 e 2002), que a calculadora não foi um instrumento neutro, ela reorganizou o pensamento dos alunos na execução das tarefas e modificou o relacionamento deles em sala de aula.

Observo em Caldwell (1996); Doerr e Zangor (2000) e Hale (2000) que a calculadora e o CBL, reorganizaram o pensamento dos estudantes e a sua forma de participação e refinamento (construção e reconstrução) de suas conjecturas estabelecendo assim, grupos colaborativos. Enfatizo nestes trabalhos os instrumentos tendo o caráter de mídias, percebendo que a calculadora e o CBL não somente complementam os estudantes, mas interagem com eles,

dessa forma o pensamento é exercido pelo sistema seres-humanos-com-mídias².

Noto nos trabalhos de Friedler, Nachmias e Linn (1990); Linn, Layman e Nachmias (1987); Mokros e Tinker (1987); Brasell (1987), Scheffer (2001), a influência da mídia, no caso o MBL nas habilidades cognitivas tais como a observação e a predição, além da possibilidade da atividade tornar-se um experimento cinestésico, o que só é possível com o uso de uma determinada mídia.

Sob o olhar da teoria da reorganização, procuro encerrar esse artigo retomando meu objetivo principal de pesquisa que visa compreender *como estudantes podem trabalhar conceitos matemáticos e físicos ao utilizarem o CBL e a Calculadora Gráfica em atividades de experimentação*.

Deste modo, 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.

REFERÊNCIAS

- [1] 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.
- [2] ADIE, G. The impact of the graphics calculator on Physics Teaching. *Physics Education* Vol. 33 nº1, Janeiro, 1997.
- [3] 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.
- [4] BORBA, M.C. Tecnologias Informáticas na Educação Matemática e reorganização do pensamento. In: Bicudo, M.A.V. (Org.), *Pesquisa em Educação Matemática: Concepções & Perspectivas*. São Paulo: Ed. Unesp, 1999.
- [5] BORBA, M.C.; PENTEADO, M.G. *Informática e Educação Matemática*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001. 104p.
- [6] BRASELL, H. The effects of real-time laboratory graphing on learning graphic representation of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*. 24 (4) 385-395, 1987.
- [7] CALDWELL, F. Bring Functions and Graphs to Life with the CBL. *AMATYC Annual Conference*, 1996.
- [8] CORTÉS-FIGUEROA, J. E.; MOORE, D. A. Using CBL technology and a graphing calculator to teach the kinetics of consecutive first-order reactions. *Journal of Chemical Education*, vol. 76, nº05, 1999.
- [9] DOERR, H.; ZANGOR, R. Creating Meaning for and with the Graphing Calculator. *Educational Studies in Mathematics* 41. p.143-163, 2000.
- [10] DUNHAM, P. H.; DICK, T. P. Research on Graphing Calculators. *Mathematics Teacher*, vol. 87, pp. 440-445, 1994.
- [11] ELLIOTT, D. *Enduring Science Report*. ESCI 9020, 2000. Disponível em: www.arches.uga.edu/~delliott/courses/esci9020/Enduring%20Sciencie%20Report.pdf. Acesso em: 09/09/2002.
- [12] FRIEDLER, Y.; NACHMIAS, R.; LINN, M.C. Learning scientific reasoning skills in microcomputer based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*. 27 (2) 173-191. 1990.
- [13] GOLDENBERG, M. *A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais*. 4ª ed. Rio de Janeiro: Record, 2000.
- [14] GIORGETTI, M. Simulação Matemática de Problemas de Engenharia: Sobre a Arte da Formulação de Modelos Matemáticos. In: *International Conference on Engineering and Technology Education (INTERTECH)*, 2002.
- [15] HALE, P. Connecting Research to Teaching: Kinematics and Graphs: Students' Difficulties and CBLs. *Mathematics Teacher* 93, p.414-418, 2000.
- [16] KEMP, M.; KISSANE, B.; BRADLEY, J. Graphics calculator use in examinations: Accident or design? *Australian Senior Mathematics Journal* 10(1), p.36-50, 1996.
- [17] LINN, M.C.; LAYMAN, J.; NACHMIAS, R. Cognitive consequences of microcomputer-based laboratories: Graphing skill development. *Contemporary Educational Psychology*. 12 (3) 244-253, 1987.
- [18] MCDERMOTT, L.C.; ROSENQUIST, M.L.; VAN ZEE, E.H. Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*. 55 (6) 503-513, 1987.
- [19] MOKROS, J.R.; TINKER, R.F. The impact of micro-computer based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*. 24 (4) 369-383, 1987.
- [20] SALES, C. L.; RAGAN, N. M.; MURPHY, M. K. Using calculator-based laboratory technology to conduct undergraduate chemical research. *Journal of Chemical Education*, vol. 78, nº05, 2001.
- [21] 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.
- [22] SESTOKAS-FILHO, B.; BONAFINI, F.C. Graphics Calculator as a Personal Mathematical Assistant in Engineering Courses. In: *International Conference on Engineering and Computer Education (ICECE)*, 2000.
- [23] SESTOKAS-FILHO, B.; BONAFINI, F. C. Os Ensinamentos da Matemática e da Física podem ser conectados através de Calculadoras Gráficas?. In: *53ª Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)*, 2001.
- [24] SESTOKAS-FILHO, B.; BONAFINI, F.C. The use of Graphics Calculators to extract meaning from parameters. In: *International Conference on Engineering and Technology Education (INTERTECH)*, 2002.
- [25] 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.
- [26] 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.
- [27] TIKHOMIROV, O.K. The Psychological consequences of computerization. In: WERTSCH, J.V. (Ed.) *The concept of activity in soviet psychology*. New York: M.E.Sharpe. Inc, 1981, p. 256-278.
- [28] THORNTON, R. K. Tools for scientific thinking – microcomputer-based laboratories for physics teaching. *Physics Education*, 22 (4), 230-238, 1987.
- [29] WAITS, B. *The Power of Visualization in Calculus*. TICAP Project, 1992.
- [30] WATANABE, S. The Change of the Method in Mathematics Education with TI-82 in Japan. Em P. Gomes e B. Waits. *Roles of Calculators in the Classroom*, p.197-206, 1996.

² Cf. Borba (2001)