

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

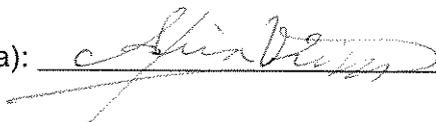
TESE DE DOUTORADO

**ANÁLISE DO PROCESSO PEDAGÓGICO
DE USO DE UM SOFTWARE**

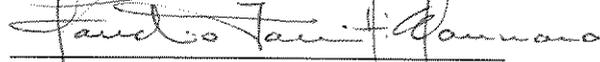
**MARIA CANDIDA MÜLLER
ORIENTADORA: PROF^a DR^a AFIRA VIANNA RIPPER**

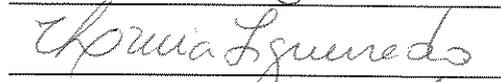
ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À REDAÇÃO
FINAL DA TESE DEFENDIDA POR MARIA
CANDIDA MÜLLER E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA, EM 18/12/2001

Assinatura (Orientadora):

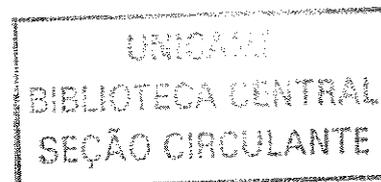


COMISSÃO JULGADORA:




2001



UNIDADE	FE
Nº CHAMADA	T/UNICAMP
	M914a
W	48492
DATA	16.837/02
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	
Nº	0000

CM00166689-2

BIB ID 238411

**Catologação na Publicação elaborada pela biblioteca
da Faculdade de Educação/UNICAMP**

Bibliotecário: Gildeir Carolino Santos - CRB-8ª/5447

M912a	Müller, Maria Candida.
M914a	Análise do processo pedagógico de uso de um software / Maria Candida Müller. -- Campinas, SP: [s.n.], 2001.
	Orientador : Afira Vianna Ripper.
	Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.
	1. Educação. 2. Informática. 3. Software - Avaliação. 4. Matemática - Estudo e ensino. I. Ripper, Afira Vianna. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.
	01-0165-BFE

RESUMO

A proposta principal do presente trabalho foi a análise do processo pedagógico de uso do software *Designer's Workbench*® (DWB), tendo como referencial teórico básico a Teoria da Atividade e como referencial empírico os resultados de uma pesquisa desenvolvida num contexto próximo ao de sala de aula, com alunos da terceira série do Ensino Médio de uma Escola Pública Estadual de Campinas (SP). O software foi utilizado durante as aulas de Matemática, no ano letivo de 2000 e ao longo da pesquisa de campo se procurou determinar quais possibilidades presentes no software DWB permitem a criação de um ambiente educacional significativo, voltado à aprendizagem matemática, privilegiando a construção do conhecimento e uma relação cooperativa na sala de aula.

ABSTRACT

The main proposal of the present research was to do the analysis of the pedagogic process of use of the software *Designer's Workbench*® (DWB), tends as theoretical referential the *Theory of the Activity*. The research was developed with students of a State Public School of Campinas (SP). The software was used during the classes of Mathematics, in the school year of 2000, and we tried to determine which existent possibilities in the software DWB allow the creation of a significant education atmosphere returned to the mathematical learning, in a context of construction of the knowledge and a cooperative relationship in the classroom.

6056.75008

Ao meu querido

Adriano

Agradecimentos

À Prof^a Dr^a Afira Vianna Ripper, mais que uma orientadora, uma amiga.

Aos meus alunos, companheiros neste trabalho, além daqueles que participaram da minha jornada como professora e aluna nos anos de 1998/1999 e 2000.

Ao Prof. Dr. Claudio Z. Mammana.

Ao Álvaro, amigo que sempre me incentivou.

Aos amigos e colegas Michel, Eneida, Joseane, Juliana, Flávio, que trabalham no LEIA e que me ajudaram durante a realização deste trabalho.

À Valéria, Fátima e ao José Mário, pelas discussões e troca de idéias durante este tempo.

Aos colegas e professores do PSIEM (Grupo de Pesquisa em Psicologia da Educação Matemática da Faculdade de Educação).

Aos professores e direção da escola onde realizei a pesquisa, que além de colegas, são grandes amigos.

Ao professor Newton Antonio W. M. Gobbo pelo cuidadoso trabalho de revisão deste texto.

À COMPAQ COMPUTER BRASIL INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA, pelo apoio através do convênio desta instituição como o LEIA/FE.

SUMÁRIO

Siglas e abreviaturas	xiii
Quadros e Figuras	xv
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1 – A MATEMÁTICA NA ESCOLA: CONCEPÇÕES, GUIAS CURRICULARES, PRÁTICA DE ENSINO	11
1.1 A Matemática na escola: revisitando algumas concepções.....	11
1.2 A influência da concepção de Matemática no seu ensino	12
1.3 Matemática no Ensino Médio: algumas visões sobre o currículo	18
1.4 Os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio	25
CAPÍTULO 2 – O ENSINO DA MATEMÁTICA E O DESENVOLVIMENTO DO RACIOCÍNIO	31
2.1 A concepção de Polya sobre o ensino de Matemática	31
2.2 Dedução, Indução, Abdução	37
CAPÍTULO 3 – INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR	45
3.1 As teorias que procuram descrever a interação Humano-Computador	46
3.1.1 Psicologia Cognitiva	47
3.1.2 Engenharia Cognitiva	50
3.1.3 Teorias que consideram o contexto	54
3.1.3.1 Modelos de Ação Situada	54
3.1.3.2 Cognição Distribuída	56
3.2 A Teoria da Atividade	57
3.2.1 As origens	57
3.2.2 A Teoria da Atividade: unidades principais de análise	59
3.2.3 O Computador como mediador da relação educacional.....	65
3.2.4 A Teoria da Atividade e a Interação Humano Computador.....	68
CAPÍTULO 4 – A AVALIAÇÃO DE UM SOFTWARE EDUCACIONAL	73
4.1 As teorias de aprendizagem e a escolha de um software educacional	73
4.2 Critérios de avaliação de um software educacional	76

CAPÍTULO 5 – O SOFTWARE <i>DESIGNER'S WORKBENCH</i> ©.....	85
5.1 O ambiente de trabalho	90
5.1.1 Painel de Controle	90
5.1.2 A área de Desenho	91
5.1.3 Criação de Pontos	92
5.1.4 A Rota.....	94
5.1.5 O teclado Virtual	96
5.1.6 Galeria dos Pontos	96
5.1.7 Galeria das Curvas.....	97
5.1.8 Polinômios Geométricos	99
5.1.9 Os cadernos de pontos, variáveis e inserções	100
5.2 <i>Designer's Workbench</i> © – Versão Educacional (DWB)	102
CAPÍTULO 6 – METODOLOGIA	109
6.1 Sujeitos	111
6.2 Instrumentos	112
6.3 Procedimentos	115
6.4 Transformações das informações: tratamento dos dados	119
CAPÍTULO 7 – ANÁLISE DOS DADOS	123
7.1 Perfil da turma	123
7.2 As categorias de análise dos dados	134
7.2.1 O processo de mediação do software DWB	135
7.2.1 A interação professor-aluno-software	147
7.2.3 Ações conscientes transformadas em operações e vice-versa.....	173
CAPÍTULO 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	181
BIBLIOGRAFIA	187
ANEXO 1	193
ANEXO 2.....	199
ANEXO 3	207
ANEXO 4.....	209
ANEXO 5	213

SIGLAS

CENP/SEE- Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas da
Secretaria de Estado da Educação

DWB – Designer's Workbench – Versão Educacional

LEIA - Laboratório de Educação e Informática Aplicada

MEC – Ministério da Educação

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

SEE – Secretaria de Estado da Educação

QUADROS E FIGURAS

Generalização/Analogia/Especialização (figura 1)	36
Abismos de execução e Avaliação (figura 2)	52
Ligações entre os sistema e metas (figura 3)	53
Análise da Atividade (figura 3a).....	66
Características - Avaliação de um software educacional (quadro)	79
Galeria dos Pontos do <i>Designer's Workbench</i> © (figura 4).....	87
Galeria das Curvas do <i>Designer's Workbench</i> © (figura 5).....	89
Tela do <i>Designer's Workbench</i> © (figura 6)	92
Janela da Edição de Pontos <i>Designer's Workbench</i> © (figura 7)	94
Botão de acesso ao Editor de Rota do <i>Designer's Workbench</i> © (figura 8).....	95
Janela do Editor de Rota do <i>Designer's Workbench</i> © (figura 9)	95
Teclado Virtual do <i>Designer's Workbench</i> © (figura 10)	96
Elipse com focos nos pontos P e Q (figura 11)	98
Polinômio no painel de controle do <i>Designer's Workbench</i> © (figura 12).....	99
Teclado para criação de variáveis (figura 13)	100
Janela de edição de variável (figura 14)	101
Cadernos de pontos variáveis e inserções (figura 15)	101
Tela do <i>Designer's Workbench</i> ©- Versão Educacional (DWB) (figura 16)	103
Tela de Abertura do DWB (figura 17).....	104
Lista de Alunos Cadastrados do DWB (figura 18)	105
Descrição de Atividade do DWB (figura 19)	105
Janela de abertura do editor de textos do DWB (figura 20)	106
Editor com relatório final do DWB (figura 21)	107
Levantamento do material empírico coletado (quadro).....	119
Percentual de relatórios entregues (quadro).....	160

INTRODUÇÃO

Durante muito tempo o ensino da Matemática privilegiou o seu aspecto formal, através do estudo de teoremas e demonstrações. Esta abordagem foi muito difundida e até mesmo cultivada, tanto nos cursos de Licenciatura em Matemática quanto nas escolas de Ensino Fundamental e Médio. Este tipo de tratamento transparece na importância atribuída ao estudo de definições e propriedades, à utilização da linguagem formal da Matemática e à resolução de exercícios que nada mais são que aplicações diretas das propriedades já apresentadas.

No desenvolvimento da Filosofia da Matemática e entre as suas diversas correntes, o *Formalismo* ocupou um lugar de destaque, principalmente nas décadas de 60 e 70. E no ensino da Matemática esta abordagem se difundiu através do movimento da *Matemática Moderna*, que já foi criticado e rebatido de várias formas pelos educadores matemáticos, não só no Brasil mas também no seu país de origem, os Estados Unidos, com o chamado movimento *Back to Basics*. Segundo Maria Laura Leite Lopes(1984), na implantação da Matemática Moderna no Brasil, além de não ter havido tempo para formação de recursos humanos em número suficiente e com conhecimento profundo das estruturas matemáticas, não houve sequer uma pesquisa experimental que privilegiasse o aspecto pedagógico desta abordagem. No entanto, a repercussão destas idéias foi tão forte que estão presentes até hoje no Ensino Básico, embora com uma interpretação própria - um misto de Matemática Tradicional (enfatizando as operações mecânicas e algoritmos) e Matemática Moderna (enfatizando as propriedades estruturais). Não se pode deixar de observar a grande influência da visão Formalista no Ensino Superior, sentida tanto na graduação como na pós-graduação, sobretudo na chamada área de Matemática Pura. Durante o

curso de Matemática nas universidades geralmente é apresentado apenas o resultado final do conhecimento matemático, transmitindo a idéia que a Matemática é puramente demonstrativa, consistindo exclusivamente de demonstrações (provas) formais.

No presente trabalho considera-se como pressuposto que o conhecimento matemático está mais relacionado com o fazer conjectura, combinar observações e fazer analogias. Antes de demonstrar formalmente um teorema, o matemático tem que trabalhar com o que Polya (1954a) chamou de *inferência plausível*. Segundo Polya (1954a), o conhecimento matemático seria assegurado pelo raciocínio demonstrativo; porém, este conhecimento, cuja origem são as conjecturas, estaria apoiado no raciocínio plausível. Embora raciocínio plausível e raciocínio demonstrativo tenham características aparentemente antagônicas, no decorrer do trabalho de descoberta matemática se torna evidente que os momentos da inferência plausível e da formalização se refletem e se completam.

O raciocínio demonstrativo pode ser caracterizado como um raciocínio seguro, que não produz controvérsias, fechado em si mesmo, incapaz de produzir, essencialmente, novos conhecimentos sobre o mundo. O raciocínio demonstrativo é rigoroso, tem um modelo rígido, codificado e fundamentado pela *lógica formal*, ligado a idéias determinísticas.

Já o raciocínio plausível é arriscado, controvertido e provisório, pois a partir dele se pode conhecer qualquer coisa nova sobre o mundo que nos rodeia; é, em suma, o tipo de raciocínio sem o qual não se poderia resolver os problemas que se apresentam diariamente, tanto no cotidiano quanto no trabalho científico. Os modelos de raciocínio plausível são flexíveis, ligados a uma lógica diferente da lógica dedutiva, isto é, ligados à chamada *lógica indutiva*, que se relaciona com a Heurística.

A Matemática, segundo Polya, é talvez a única disciplina do currículo escolar que possibilita o desenvolvimento tanto do raciocínio plausível quanto do demonstrativo. Solucionar um problema, em especial um problema

matemático, significa ter habilidade de compreendê-lo, identificar variáveis relevantes, propor um plano de solução e testar a validade das respostas obtidas, o que sempre envolve diferentes graus de independência, julgamento, originalidade e criatividade.

O trabalho do professor de Matemática, nesta perspectiva, seria o de retomar o processo de criação matemática, fazendo com que o aluno, ao refletir sobre como este conhecimento é criado, também desenvolva o raciocínio plausível, ou seja, também desenvolva seu raciocínio por indução e por analogia. Segundo Polya (1954b), a indução e o raciocínio por analogia são as formas básicas do chamado raciocínio plausível.

A tecnologia é outro aspecto importante para o presente trabalho. Como afirma Lion (1997), a tecnologia faz parte do acervo cultural de um povo. E esta deve ser entendida como um produto sociocultural e que, ao mesmo tempo, serve como ferramenta física e simbólica para se vincular e compreender o mundo que nos rodeia (Lion, 1997:32). A escola não pode ficar à parte das inovações tecnológicas; pelo contrário, deve refletir na prática escolar a vida cotidiana dos alunos, suas experiências. Para se recuperar a dimensão social da escola, afirma Lion (1997), é necessário incorporar as novas tecnologias no referencial de metas educativas que levem em conta a dimensão ética, social, política, pedagógica e didática. É necessário recuperar o “para quê” usar tecnologia, no sentido criativo do termo grego para técnica, ou seja, voltar à idéia de conceber, de criar, de dar à luz, de fazer e pensar sobre o fazer, valorizando o processo e o produto.

Preocupada com as questões relativas ao uso de novas tecnologias e, mais especificamente, com o uso do computador na sala de aula, Ripper (1996) observa que,

“A introdução de novas tecnologias na escola deve ser coerente com um novo modo de agir do professor, favorecendo a criação de um

ambiente criativo em que a sua ação mediadora possa ser eficientemente exercida” (Ripper, 1996: 66).

Entre as novas tecnologias, Ripper (1996) observa que o computador ocupa um lugar de destaque - é ao mesmo tempo uma ferramenta e um instrumento de mediação. É uma ferramenta, como observa a autora, porque permite ao usuário construir objetos virtuais e modelar fenômenos. É um instrumento de mediação porque possibilita o estabelecimento de novas relações para a construção do conhecimento ao mediar o modo de representação das coisas através do pensamento formal.

A utilização do computador, como ferramenta pedagógica e como instrumento de mediação, proporciona momentos para que a reflexão sobre *como o conhecimento matemático ocorre* possa ser realizada de uma forma rica e significativa.

Para solucionar um problema proposto, utilizando o computador, o aluno precisa descrevê-lo, identificar variáveis e ter uma primeira conjectura sobre a sua solução. A resposta dada pelo computador permite a análise da conjectura proposta e seu posterior refinamento, até se chegar à solução procurada, desenvolvendo-se neste processo, as principais etapas que caracterizam o chamado raciocínio plausível. Ripper (1996) afirma que

“A resolução de problemas complexos em conjunto com o computador provoca mudanças nos processos intelectuais da pessoa; a mediação do computador conduz a novas formas de atividade mental humana mediada, num primeiro nível do funcionamento interpsicológico, que, por sua vez, exerce uma influência no desenvolvimento do funcionamento intrapsicológico” (Ripper, 1996: 67).

A presente pesquisa parte do pressuposto de que a aprendizagem da Matemática, no Ensino Básico, de alguma forma deve refletir as etapas de construção de conhecimentos matemáticos que foram desenvolvidos no decorrer de sua história. A Matemática não é puramente dedutiva, não começa com axiomas que, a partir de regras de inferência lógica, permitiriam a construção da prova matemática de um resultado. O matemático, até chegar ao resultado procurado, faz tentativas, testa hipóteses e faz conjecturas que, sucessivamente, o aproximam da sua descoberta (Polya, 1954a).

Nesta perspectiva, procurando a criação de um ambiente que possibilite a aprendizagem da Matemática de forma significativa e contextualizada, pode-se utilizar o computador como ferramenta mediadora da relação professor-aluno-conhecimento.

Para o desenvolvimento deste trabalho, buscou-se um software que possibilitasse a aprendizagem de conceitos matemáticos e que mantivesse alguns pressupostos básicos do chamado *Ambiente Logo de Aprendizagem*. Como já se sabe, a linguagem computacional *Logo* busca a criação de um ambiente de aprendizagem onde o conhecimento não é apenas transmitido ao aluno, mas onde o aluno, interagindo com os objetos deste ambiente, desenvolve conceitos significativos para sua aprendizagem. Ao se trabalhar com o *Logo*, é possível uma mudança do eixo do processo educacional *do ensino para a aprendizagem, da instrução para a construção*, isto é, *da transmissão para o aluno, para a construção dos conceitos pelo aluno*.

Assim, o computador se torna uma ferramenta auxiliar no processo de construção de conhecimento pelo aluno. O professor, neste ambiente, desempenha um papel fundamental, pois é através de sua intervenção que o aluno terá acesso a subsídios e questionamentos fundamentais para a sua aprendizagem.

Considerando-se a possibilidade de incorporar à cultura escolar a utilização de novas tecnologias e em especial do computador como ferramenta

pedagógica, é de fundamental importância o estudo de softwares que respeitem as características apontadas acima (construção de conhecimento, criação de um ambiente centrado na aprendizagem). Como afirma Lion (1997), produzir tecnologia não é somente “inventar um novo aparelho”, é questionar a tecnologia para a escola e o que faz a escola com as produções tecnológicas. É vincular tecnologia e didática. É vincular tecnologia e cultura.

A proposta principal da presente pesquisa foi fazer a análise do processo pedagógico de utilização de um software, no caso, o *Designer's Workbench*® (DWB), tendo como pano de fundo teórico a Teoria da Atividade. A pesquisa foi desenvolvida num contexto próximo ao de sala de aula, procurando determinar quais possibilidades existentes no software escolhido, isto é, no *Designer's Workbench*®, permitem a criação de um ambiente educacional significativo voltado à aprendizagem matemática, num contexto de construção do conhecimento, com uma relação cooperativa em sala de aula.

A partir da leitura da monografia “*A sintaxe do desenho*”, apresentada pelo professor doutor Claudio Z. Mammana no seu concurso de Livre-Docência, em 1999, junto ao Departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, vislumbrou-se a possibilidade de utilização do software por ele desenvolvido nas aulas de Matemática no Ensino Médio. Além disso, pelas características que o referido software apresenta, é de se considerar também, que a sua utilização privilegiaria a criação de um ambiente educacional com as características apontadas anteriormente.

Considerando o exposto acima, delimitou-se como problema a ser investigado nesta pesquisa, verificar a adequação do software *Designer's Workbench*® como ferramenta pedagógica para o desenvolvimento de conteúdos matemáticos do Ensino Médio. Para tanto, procurou-se analisar o processo pedagógico de utilização do software *Designer's Workbench*®, utilizando como já afirmado, a Teoria da Atividade, que privilegia os aspectos do contexto e da mediação na realização de uma atividade.

Inicialmente, foi desenvolvida uma discussão sobre o que se entende por ensino de Matemática e quais visões oficiais de currículo desta disciplina são encontradas na escola. Como referenciais teóricos para a discussão sobre o que é a Matemática e sobre como as concepções acerca da mesma influenciam seu ensino, utilizou-se, especialmente, as idéias desenvolvidas por George Polya, Richard Noss, Cecilia Hoyles e Paul Cobb. A concepção de Polya para o ensino da Matemática foi descrita com maiores detalhes, pois se considera esta visão, a mais pertinente para o desenvolvimento dos conteúdos matemáticos no Ensino Médio e Fundamental.

Apresentou-se, também, nesta primeira parte do presente trabalho, algumas idéias básicas encontradas nos Guias Curriculares para o Ensino da Matemática, da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo e nos atuais Parâmetros Curriculares Nacionais, para o Ensino Médio, os chamados PCN's. Relacionou-se estas idéias com as diferentes concepções sobre o que é a Matemática apresentada pelos autores citados anteriormente, mostrando a sua influência na abordagem dada ao ensino da Matemática, em nosso país, e em especial, no Estado de São Paulo.

Para o aprofundamento da discussão sobre os tipos de raciocínio que são desenvolvidos com o estudo da Matemática, utilizou-se a concepção apresentada por Charles Peirce para os tipos de raciocínio. As idéias desenvolvidas por Polya para o ensino da Matemática, quando revistas e ampliadas a partir concepções de Peirce, adquirem um caráter mais amplo. Procurou-se, a partir desta discussão, apresentar as possíveis relações entre as idéias de Polya e as de Peirce.

Também se discutiu algumas idéias básicas no estudo da interação humano - computador e como estas influenciam o desenvolvimento de softwares, em geral, e de softwares educacionais, em particular. Especialmente, foram estudados os constructos teóricos da Teoria da Atividade que, segundo vários autores (Nardi, Kaptelenin, Bellamy), acrescentam um novo prisma de

análise da interação humano – computador. Para o estudo das unidades principais de análise da Teoria da Atividade se discutiu, especialmente, com Leontiev, procurando a fundamentação teórica necessária para a criação das categorias de análise dos dados obtidos durante o processo de utilização do software.

É importante salientar que o objetivo principal desta pesquisa foi analisar o processo pedagógico de utilização do *Designer's Workbench*® e não fazer a avaliação, propriamente dita, do software. No entanto, considerou-se importante apresentar, também, as idéias de alguns autores que tratam especificamente da avaliação de software educacionais. O capítulo 4, deste trabalho, trata da avaliação de software educacional. As idéias sobre como avaliar um software educacional, desenvolvidas por alguns pesquisadores da área, são apresentadas além de classificações já criadas para avaliar um software educacional.

No Capítulo 5, foi feita a descrição do software utilizado nesta pesquisa. Além de descrever o ambiente de trabalho e as ferramentas básicas do *Designer's Workbench*®, são relatadas as mudanças que ocorreram na sua interface a fim de adequá-lo à experiência educacional desenvolvida neste trabalho. Neste caso, a possibilidade de discutir com o autor do *Designer's Workbench*® sua utilização e a disposição deste em readequar a interface do software às necessidades da aprendizagem, criaram uma situação privilegiada para o desenvolvimento da pesquisa.

No Capítulo 6, discutiu-se a metodologia adotada para o desenvolvimento da pesquisa, procurando apresentar o seu viés qualitativo. Os autores que serviram de interlocutores nesta etapa foram, especialmente, Menga Lüdke e Marli André. Discutiu-se, também, neste capítulo, as modificações no planejamento da pesquisa que ocorreram no processo de utilização efetiva do software *Designer's Workbench*® com os estudantes que participaram do trabalho.

A análise dos dados coletados durante a pesquisa é apresentada no Capítulo 7. Procurou-se, neste capítulo, alinhar os diferentes instrumentos num tecido único, ao mesmo tempo em que se procurou dar uma descrição a mais ampla possível, do processo de utilização do software *Designer's Workbench*® e dos resultados obtidos. Os autores citados nos capítulos iniciais foram resgatados neste capítulo, procurando assim fundamentar a leitura e interpretação dos dados coletados. É importante salientar que alguns aspectos relacionados à avaliação de um software educacional, apresentados no capítulo 4, foram considerados nesta análise do processo de utilização do *Designer's Workbench*®.

Nas considerações finais do presente trabalho, os resultados obtidos na pesquisa foram apresentados, procurando indicar pontos para possíveis estudos futuros, utilizando o software em questão, quanto outros que possuam características similares.

CAPÍTULO 1

O ENSINO DA MATEMÁTICA: CONCEPÇÕES, GUIAS CURRICULARES E PRÁTICA DE ENSINO

1.1 A Matemática na escola: revisitando algumas concepções

Permitir ao aluno a expressão de suas idéias e a discussão das mesmas é uma prática que aos professores de Matemática muitas vezes causa insegurança. Isto por alguns motivos: não terem claro o que se entende por conhecimento matemático e como ele é produzido; pela questão do tempo; dos conteúdos que precisam ser desenvolvidos, e outros mais. No entanto, a despeito de todas estas dificuldades, não se pode deixar de lado a responsabilidade de possibilitar ao aluno um espaço e um momento para refletir sobre seu próprio ato de aprender.

E, lembrando Polya (1954a), a Matemática talvez seja a única disciplina do currículo escolar que possibilita tanto a discussão de como se desenvolve o conhecimento matemático, quanto a discussão de como ocorre a aprendizagem no ser humano.

Da mesma forma que Polya (1954a) discutiu os aspectos formal e informal na criação do conhecimento matemático, Noss e Hoyles (1996) discutem e apresentam outros argumentos que reforçam a idéia de que esta aparente dicotomia, na verdade, são características intrínsecas à natureza da Matemática e que se complementam.

Segundo estes autores, ao se ter a preocupação sobre como a Matemática adquire significados e como estes são gerados a partir de diversas perspectivas

advindas de diferentes culturas, deve-se analisar algumas categorias e dicotomias que têm caracterizado o pensamento de uma parcela de pesquisadores em Educação Matemática. Particularmente, destacam a aparente dicotomia entre Matemática Pura e Matemática Aplicada.

No livro *Windows on Mathematical Meanings – Learning Cultures and Computers*, estes autores discutem do ponto de vista filosófico o que é a Matemática, tratando das fronteiras entre abstração e concreção no conhecimento matemático. Nesta perspectiva, apontam para a polarização existente, desde a Grécia Antiga, que apresenta de um lado a Matemática como um sistema formal que se auto refere, no sentido de que seus objetos e suas relações podem ser expressas em uma linguagem precisa e rigorosa, e, de outro, como uma forma de conceituar o mundo, ou seja, uma forma possível de representar o mundo real e a prática.

1.2 A influência da concepção de Matemática no seu ensino

Ao se fazer uma análise das diversas concepções sobre o que é a Matemática, é visível a relação entre estas e as abordagens educacionais de ensino, presentes nas últimas décadas.

Voltando às idéias apresentadas inicialmente, o ensino da Matemática nos anos sessenta e setenta privilegiou os objetos matemáticos e os fragmentos da linguagem matemática. Segundo Noss e Hoyles (1996), estudavam-se *números negativos* e *reflexão* ou ainda argumentos do tipo “se - então”. Explicitava-se, desta forma, a influência da concepção formalista de Matemática no seu ensino, através do *Movimento da Matemática Moderna*.

Este movimento teve sua origem nas concepções filosóficas da chamada Escola Formalista, que defendia um enfoque estruturalista para o conhecimento matemático. O Grupo Bourbaki, na França, liderou esta Escola, procurando reescrever o conhecimento matemático segundo estas estruturas. Os

determinantes históricos do surgimento da Matemática Moderna, no ensino da Matemática, estão ligados às questões da corrida espacial na década de sessenta, nos Estados Unidos, e tal abordagem foi rapidamente implantada no Brasil.

No final dos anos setenta e nos primeiros da década de oitenta, o paradigma da Matemática Moderna foi muito questionado, exatamente nas suas principais concepções sobre a Matemática, especialmente, como observam Noss e Hoyles (1996), na fragmentação de cada tópico estudado, privilegiando apenas o aspecto formal da linguagem matemática; na utilização exclusiva de testes de papel e lápis para verificação do entendimento do aluno, o que daria uma visão parcial das competências da criança, além de privilegiar a utilização de medidas quantitativas, na análise dos seus resultados.

A partir das discussões geradas por estas críticas, emerge como corrente principal de pesquisa em Educação Matemática a abordagem do ensino a partir da *solução de problemas*.

Na perspectiva da *solução de problemas*, ao lado do desenvolvimento do discurso matemático, fluente e formal, passou-se a buscar o tratamento matemático para diversos tipos de problemas encontrados no dia-a-dia e nas Ciências. Resumidamente, aos alunos era proposta a solução de problemas diversos a partir da modelação matemática do mesmo e, após obterem a solução, comparavam o resultado obtido com o problema original, verificando sua adequação. O contexto era reconhecido como importante; no entanto, caso a análise do problema se tornasse muito complexa para o aluno, simplificava-se o modelo matemático com o descarte ou controle de variáveis. Tais procedimentos muitas vezes, tornavam o problema original fictício ou desprovido de sentido.

Noss e Hoyles (1996) observam que com o passar do tempo, surgiram vários pontos de crítica a esta concepção. A primeira apontada se refere à desconexão entre o processo de “investigação científica” para solução do problema e o

conteúdo matemático que deveria ser desenvolvido. Outra crítica aponta para a ênfase no aspecto instrumental da Matemática que esta abordagem privilegia, proporcionando também uma visão fragmentada do conhecimento matemático. A terceira, talvez seja a mais importante, está baseada no fato desta abordagem utilizar o problema a ser solucionado como o fator principal para a criação dos significados matemáticos em estudo, isto segundo os autores, é uma armadilha. A relação entre o problema em estudo e os conteúdos matemáticos muitas vezes era artificial ou então não permitia o estudo do conteúdo pretendido. Além disso, muitas vezes o modelo matemático criado possibilitava ambigüidade de interpretação das variáveis selecionadas para o estudo, já que estas, muitas vezes, tinham aspectos sociais que deviam ser considerados.

Nos anos oitenta e noventa, um outro enfoque que também privilegia o processo de ensino-aprendizagem ganhou corpo: o *movimento Construtivista*, em grande parte embasado em concepções filosóficas e psicológicas da Psicologia Genética de Piaget¹. Os elementos chave da aplicação educacional do Construtivismo podem ser, segundo Noss e Hoyles (1996), resumidos como:

“...controle do aluno da direção de sua própria aprendizagem, reconhecimento da validade epistemológica do conhecimento do estudante, a importância de criar atividades com o propósito de possibilitar a transformação das estruturas cognitivas e o cultivo do senso de satisfação e competência do aprendiz.” (Noss & Hoyles, 1996: 17).

Noss e Hoyles apresentam como textos importantes para um aprofundamento das idéias construtivistas na Educação Matemática: *Proceedings of Eleventh International Conference for the Psychology of*

¹ Ver, PIAGET, J. *A teoria de Piaget*. In: CARMICHAEL, L. Manual de psicologia da criança. São Paulo, EPU/USP, 1975. P. 75-116.

Mathematics Education (PME 1987) e o livro de E. von Glasersfeld, *Radical constructivism in mathematics education* de 1995.

Os autores na discussão sobre esta abordagem no ensino da Matemática, apontam para o que eles chamaram de *dilema* da proposta construtivista, qual seja, *se os estudantes controlam a trajetória da sua aprendizagem, como podem construir significados que são necessários para o desenvolvimento de um conhecimento matemático aceitável?* (Noss & Hoyles, 1996: 18).

Em uma outra abordagem, baseada em análises antropológicas, o contexto adquire um papel importante no desenvolvimento dos significados matemáticos, o que possibilitou o surgimento de uma outra corrente de pesquisa na Educação Matemática e que influenciou o ensino nos anos noventa. Esta concepção de ensino de Matemática preocupa-se com uma visão de conhecimento e cognição baseadas no cenário e nos objetivos da atividade que está sendo desenvolvida. Para este estudo, possivelmente esta é a corrente de ensino da Matemática mais relevante, pois seus constructos básicos estão ligados à perspectiva teórica adotada para a análise do software *Designer's Workbench*©.

Um dos pesquisadores em Educação Matemática que desenvolveu esta abordagem é Paul Cobb (1996). Segundo este autor, a aprendizagem e o ensino de Matemática envolvem a coordenação de análises empreendidas em três domínios: o experimental, o cognitivo e o antropológico. Fundamentalmente, o autor apresenta como novidade a análise da relação ensino-aprendizagem tendo como foco o domínio antropológico. O propósito de recorrer a este contexto seria identificar e explicar aspectos de uma cultura através da análise das regularidades e dos modelos que surgem na realidade social. Neste caso, pode-se considerar tal abordagem para descrever os fenômenos que ocorrem na sala de aula, como por exemplo, os que aparecem na relação professor-aluno.

A partir da análise do cenário da sala de aula, vista como uma comunidade semelhante à científica, explorando-se os paralelos existentes

entre as duas comunidades (o espaço escolar e o espaço acadêmico), onde seus membros produzem seu conhecimento e linguagem através de uma negociação interpessoal entre os elementos do grupo, onde o significado dos conceitos sociais é colocado e negociado, procura-se estas regularidades e modelos sugeridos por Cobb. Assim, os significados matemáticos emergentes e o conhecimento matemático institucionalizado auxiliam na compreensão de "como as crianças vêm a conhecer em poucos anos de escolaridade o que levou muitos anos para ser construído pela humanidade" (Cobb, 1996: 157).

Nesta perspectiva, cada aluno poderia ser visto como um reorganizador ativo de suas experiências matemáticas pessoais ou como um membro de uma comunidade/grupo que contribui ativamente para a regeneração contínua de um grupo e de modos considerados evidentes de se fazer Matemática. Desta forma, as práticas matemáticas institucionalizadas constituiriam o domínio consensual mutuamente construído pelos membros do grupo.

Segundo Cobb (1996), a aprendizagem matemática ocorre tanto quando o aluno confronta suas experiências pessoais com as de outros alunos, criando domínios consensuais, quando participa do processo de negociação e institucionalização de significados matemáticos.

Nesta abordagem, não existe entre os alunos uma Matemática despersonalizada, natural e isenta de contaminações. A atividade matemática do professor e dos alunos criam práticas matemáticas institucionalizadas que influenciam suas práticas matemáticas individuais. E, de modo inverso, as suas atividades individuais exercem um controle sobre as práticas matemáticas institucionalizadas.

Para Cobb (1996), uma teoria matemática, assim como qualquer outra teoria científica, é um produto social. Ela é criada e se desenvolve através da interação dialética de muitas mentes e não de uma única. Assim, é o processo social que determina se um teorema é interessante ou se é verdadeiro. É através do processo social que o teorema ganha a aura especial: sua verdade

inquestionável emerge no curso da interação social. Significados emergentes são institucionalizados e o teorema se constitui num fundamento seguro para o trabalho futuro até reparos posteriores. O mesmo ocorre, segundo este autor, com os teoremas - em - ação - construídos na sala de aula. A diferença principal entre uma comunidade de matemáticos e os alunos na sala de aula é, certamente, seu padrão de rigor. Da mesma forma que as verdades matemáticas, este padrão é um produto social.

A partir deste breve relato sobre as diversas tendências encontradas no ensino da Matemática, pode-se observar como estas se refletem na educação em nosso país. Talvez o movimento mais influente tenha sido o da *Matemática Moderna*, pois ainda se encontram resquícios em muitos livros didáticos do tipo de abordagem que privilegia esta tendência de ensino. Já a *solução de problemas* começa a aparecer quando os guias curriculares começam a apontar para a necessidade de se relacionar os conteúdos matemáticos com outras disciplinas, ou seja, quando a abordagem das aplicações da Matemática a outras disciplinas passa a ser considerada importante. A preocupação em relacionar os conteúdos formais da escola com a realidade do aluno acaba se tornando uma vertente influente no final da década de oitenta e início dos anos noventa.

As idéias e concepções relacionadas com cada uma destas tendências passam a influenciar a criação dos chamados guias curriculares oficiais, que determinam as diretrizes para o ensino da Matemática, tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio.

Neste estudo, foram utilizados como pontos de referência, a *Proposta curricular para o Ensino de Matemática 2º Grau* (1992), elaborada pela Secretaria de Estado da Educação de São Paulo e os novos *Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio*, propostos pelo Ministério de Educação (1999).

1.3 A Matemática no Ensino Médio: algumas visões sobre o currículo

Tendo em vista o papel e os objetivos da escola no ensino médio, pode-se delimitar alguns modelos para o ensino da Matemática. Segundo Cain, Carry e Lamb (1985), a Matemática no Ensino Médio pode ser vista segundo quatro pontos de vista levando-se em conta:

- Os objetivos do sistema escolar;
- O programa de Matemática;
- Os cursos específicos neste programa; e
- A população de estudantes que será atendida por este sistema escolar.

Estes autores organizaram o seguinte Modelo que caracteriza, segundo eles, os diferentes pontos de vista encontrados na escola secundária para o ensino da Matemática, que são:

- *Ponto de Vista 1*: centrado nas habilidades básicas;
- *Ponto de Vista 2*: centrado nos conceitos matemáticos;
- *Ponto de Vista 3*: privilegia a Matemática Aplicada;
- *Ponto de Vista 4*: privilegia a Matemática Pura.

É importante se observar que esta classificação está inserida na década de oitenta, quando ainda há uma grande influência da fragmentação do conhecimento em diversos compartimentos. Neste trabalho, procurou-se, ao apresentar esta classificação, demonstrar como esta divisão ainda influencia a visão de ensino da Matemática nos dias de hoje. Detalhando-se melhor estes pontos de vista, tem-se:

O primeiro ponto de vista, baseado no desenvolvimento de habilidades básicas, trata, segundo os autores, de

“... suprir a deficiência que os alunos apresentam ao operar com números inteiros, frações, decimais. O objetivo maior nesta visão é de desenvolver a habilidade de cálculo dos estudantes. O nível de matemática desenvolvido é baixo assim como as expectativas cognitivas dos alunos. O papel do professor é imprescindível pois deverá mostrar como se faz, apontar os erros e mostrar como remediá-los. Os alunos cumprem o papel de repetir o que é mostrado” (Cain, Carry e Lamb, 1985: 24).²

Muitos livros didáticos, segundo os autores, se baseiam neste enfoque sobre o ensino da Matemática.

O segundo ponto de vista,

“... refere-se à ‘matemática conceitual’. A ênfase deste ponto de vista está na compreensão de relações e conceitos espaciais e quantitativos. A prioridade está na compreensão e não no cálculo. O professor deixa de ser apenas uma fonte de conhecimento e de técnicas básicas e passa a ser alguém que auxilia na compreensão de conceitos através de explicações que auxiliam o estudante. Os alunos tornam-se mais responsáveis por sua aprendizagem. A organização do currículo é em espiral, proporcionando ao aluno oportunidades de encontrar os conceitos em diferentes níveis. Intuição, representações gráficas e exemplos numerosos da experiência dos estudantes são utilizadas para estabelecer, transmitir e reforçar conceitos. O objetivo principal deste

ponto de vista é desenvolver a habilidade de generalizar e transferir conceitos para situações não familiares. (...). (Cain , Carry e Lamb, 1985: 24-5).

O terceiro ponto de vista é o da "Matemática Aplicada":
"...seu objetivo maior é com a competência em compreender e descrever matematicamente os fenômenos do mundo real e usar as habilidades matemáticas para solucionar problemas na ciência, engenharia, economia e outros campos. (...)

O professor atua como uma fonte de problemas mais simples e de suas soluções, motivando os alunos no seu esforço de solução; a responsabilidade primeira pela aprendizagem é transferida para o estudante, que deve estar envolvido em processos cognitivos maiores, especialmente no nível de estratégias de solução de problemas . (...)

A solução de problemas da realidade é o objetivo último deste ponto de vista. A ênfase na solução de problemas traz à mente os trabalhos de Polya (1957,1962) e a ênfase no mundo real, especialmente nos problemas físicos, sugere o trabalho de Kline (1973). A transferência da prioridade para as aplicações é coerente com os movimentos que procuram justificar a Matemática no currículo a partir da sua utilidade em solucionar problemas da vida real, especialmente os econômicos e políticos". (Cain , Carry e Lamb, 1985: 25).

O quarto ponto de vista, o da "Matemática Pura", tem
"...como um de seus objetivos o desenvolvimento da competência em analisar as estruturas matemáticas, descobrir e desenvolver nova Matemática. A responsabilidade é transferida inteiramente para o estudante; a produção independente de soluções e provas é substituída por qualquer papel passivo do estudante. O professor torna-se um colecionador de exemplos e um avaliador do desempenho do estudante.

² A tradução dos textos originais em inglês neste trabalho é nossa.

Muitos podem ver este ponto como relacionado exclusivamente ao terceiro grau. Entretanto, o ensino médio tem o papel de reconhecer e encorajar os estudantes que tem capacidade de trabalhar neste nível. (...)" (Cain , Carry e Lamb , 1985: 25 -6).

A escolha de qualquer um destes enfoques, observam os autores, envolve várias implicações, especialmente a visão que a escola tem de Matemática e como esta deve ser trabalhada no Ensino Básico. Evidentemente, o texto tratado anteriormente foi concebido dentro da realidade do ensino médio norte-americano. No entanto, com ressalvas, pode-se transportar algumas destas análises para o nosso Ensino Médio.

Considerando-se o currículo oficial das escolas de ensino médio da Rede Estadual de São Paulo, observa-se uma mescla entre as três primeiras visões descritas anteriormente. Guardadas as devidas proporções, nos últimos anos, podem ser encontradas como proposta para o currículo de Matemática do ensino Médio, abordagens que vão desde o desenvolvimento de habilidades puramente operatórias, passando por desenvolvimento de conceitos a aplicações simples da Matemática, na solução de problemas relacionados a outros conhecimentos.

A concepção de muitos dos livros didáticos de Matemática demonstram uma estreita ligação com o ponto de vista 1, apontado anteriormente. Ao se analisar a seqüência de conteúdos apresentados nestes livros, observa-se uma forte tendência em privilegiar os aspectos operatórios (técnicas de operação) em detrimento dos outros aspectos relacionados, por exemplo, a história do surgimento do conceito de que se está tratando.

Por sua vez, a atual proposta curricular oficial do Estado de São Paulo propõe o tratamento dos conteúdos matemáticos numa concepção mais próxima ao segundo ponto de vista ao qual nos referimos anteriormente. Há a preocupação em alertar para a necessidade de se mostrar aplicações da

Matemática na solução de problemas do dia-a-dia ou então, relacionados a outros conteúdos.

Para os autores da proposta curricular de ensino de Matemática, justifica-se a inclusão desta nos currículos escolares através de duas vertentes básicas:

“Ela é necessária em atividades práticas que envolvem aspectos quantitativos da realidade, como são as que lidam com grandezas, contagens, medidas, técnicas de cálculo, etc. (...)

Ela desenvolve o raciocínio lógico, a capacidade de abstrair, generalizar, projetar, transcender o que é imediatamente sensível”

(Proposta Curricular para o Ensino de Matemática/CENP/SEE/SP, 1992: 7)

Esta proposta retoma o duplo aspecto da Matemática, apontado por Polya (1954a) e Noss e Hoyles (1996), isto é :

“... a dupla função da Matemática; as aplicações práticas e o desenvolvimento do raciocínio(...)”

(Proposta Curricular /CENP/SEE/SP, 1992: 7).

E retoma a questão de que o aspecto formal e o aplicativo da Matemática são inseparáveis, isto é, são aspectos que se complementam e não se contrapõem.

“...para a compreensão da real função desempenhada pela Matemática no currículo, as aplicações práticas e o desenvolvimento de raciocínio , como foram referidos acima, devem ser considerados elementos

inseparáveis”. (Proposta Curricular para o Ensino de Matemática/CENP/SEE/SP, 1992: 7-8)

A proposta deixa clara sua concepção de aprendizagem, onde a participação do aluno na elaboração do seu conhecimento é um dos pontos fundamentais. O professor deve ser o orientador da aprendizagem, que instiga, através de suas questões, o desenvolvimento do aluno. Resumidamente, as principais idéias da proposta da CENP são as seguintes:

- *“A participação do aluno deve ser garantida na elaboração do seu conhecimento.*
- *Os programas devem ser entendidos como veículos, instrumentos de trabalho e não fins em si mesmos.*
- *O tratamento significativo dos conteúdos pressupõe que se leve em conta a realidade do aluno, suas aspirações, seu estágio de desenvolvimento biológico, psicológico e intelectual.*
- *Tratar significativamente um conteúdo matemático significa dar ênfase ao processo de construção de um conceito.*
- *Os problemas propostos devem servir inicialmente para gerar a construção de conceitos, bem como, para, posteriormente, sintetizar as idéias já trabalhadas.*
- *O ensino de Matemática deve buscar as concretizações (sem artificialismos), bem como conduzir à passagem do imediatamente sensível para o abstrato.*
- *Um conteúdo não precisa ser necessariamente exaurido num único período de tempo a ele destinado na programação. Sua retomada deve garantir o aprofundamento, ampliação e aperfeiçoamento das idéias nele contidas.*

- *A aprendizagem em Matemática deve levar a um processo de construção de uma linguagem, e nunca apresentá-la, já de início, na sua forma final, acabada, sintética e formalizada.*
- *O ensino de Matemática não deve processar-se isoladamente dentro do currículo, uma vez que a maior parte dos problemas que os alunos são levados a resolver é de natureza interdisciplinar.”*
(Proposta Curricular para o Ensino de Matemática/CENP/SEE/SP, 1992: 13)

Ao analisar a Proposta Curricular, verifica-se uma grande semelhança com o segundo ponto de vista apontado por Cain, Carry e Lamb (1985). No entanto, observa-se uma grande dificuldade em implementar esta proposta, especialmente com relação aos itens de apresentação de problemas interdisciplinares e construção de um conceito. Cabe ressaltar que, apesar da Proposta Curricular ser um documento que procura dar parâmetros para o trabalho do professor, muitas vezes estes não são implementados e até mesmo ignorados pelos educadores. Talvez este seja um problema de enfoque mais geral, envolvendo a questão da formação do professor, cuja experiência como aluno no terceiro grau apontou para um currículo que privilegiou mais aspectos formais do que de aplicação.

A questão que se coloca para o ensino de Matemática, nesta perspectiva, é como quebrar esta barreira entre o que o currículo de Ensino Médio exige e o que a formação do professor oferece. Talvez uma das respostas para esta questão esteja formulada nos Parâmetros Curriculares de Ensino Médio, onde a aglutinação das disciplinas em áreas criaria condições para uma discussão mais ampla entre as que utilizam a Matemática, privilegiando um enfoque interdisciplinar entre estes diversos campos de conhecimento.

1. 4 Os Parâmetros Curriculares do Ensino Médio

Os autores dos Parâmetros enfatizam que, numa primeira abordagem, a proposta a reorganização curricular em áreas de conhecimento teve como objetivo facilitar o desenvolvimento dos conteúdos, numa perspectiva de interdisciplinaridade e contextualização.

A reforma curricular do Ensino Médio estabeleceu a divisão do conhecimento escolar em três áreas:

- Linguagens, Códigos e suas Tecnologias
- Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias
- Ciências Humanas e suas Tecnologias

Segundo seus autores,

“A estruturação por área de conhecimento justifica-se por assegurar uma educação de base científica e tecnológica, na qual conceito, aplicação e solução de problemas concretos são combinados com uma revisão dos componentes socioculturais orientados por uma visão epistemológica que concilie humanismo e tecnologia ou humanismo numa sociedade tecnológica” (PCN/Ensino Médio, 1999: 32).

A chamada “revolução informática” é um dos principais argumentos utilizados para justificar o enfoque adotado nos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio. Segundo seus autores,

“A denominada “revolução informática” promove mudanças radicais na área do conhecimento, que passa a ocupar um lugar central nos processos de desenvolvimento, em geral. É possível afirmar que, nas

próximas décadas, a educação vá se transformar mais rapidamente do que em muitas outras, em função de uma nova compreensão teórica sobre o papel da escola, estimulada pela incorporação das novas tecnologias.

As propostas de reforma curricular para o Ensino Médio se pautam nas constatações sobre as mudanças no conhecimento e seus desdobramentos, no que se refere à produção e às relações sociais de modo geral” (PCN/Ensino Médio, 1999: 15).

Apesar de ser discutível a afirmação de que o conhecimento está mudando, parece, no entanto, bastante óbvio afirmar que mudanças estão ocorrendo na forma de se adquirir e interagir com o conhecimento. Daí, a necessidade da escola discutir a incorporação de novas tecnologias no seu dia-a-dia. No texto dos Parâmetros Curriculares Nacionais de Ensino Médio, destaca-se a compreensão de como deve ser a formação do aluno:

“A formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação.” (PCN/Ensino Médio, 1999:15).

Para o desenvolvimento da presente pesquisa , entender melhor os objetivos para a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, em especial, para o ensino de Matemática, torna-se fundamental. A busca de softwares que possam auxiliar o professor no desenvolvimento de seu trabalho, implica em encontrar softwares adequados a nossa realidade educacional. Partindo-se do princípio de que os PCN's indicam ao professor uma linha de trabalho pedagógico que pelo menos teoricamente é coerente, entendeu-se ser importante conhecê-los de uma forma mais detalhada.

Para os autores dos Parâmetros Curriculares do Ensino Médio, os estudos nesta grande área de conhecimento,

“... devem levar em conta que a Matemática é uma linguagem que busca dar conta de aspectos do real e que é instrumento formal de expressão e comunicação para diversas ciências. É importante considerar que as ciências, assim como as tecnologias, são construções humanas situadas historicamente e que os objetos de estudo por elas construídos e os discursos por elas elaborados não se confundem com o mundo físico e natural, embora este seja referido nesses discursos. (...) (...) Enfim, a aprendizagem na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias indica a compreensão e a utilização dos conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo, bem como planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade.” (PCN/Ensino Médio, 1999: 33-4)

Ao analisar o texto acima transcrito pode-se, inicialmente, inferir que na nova reorganização curricular, a Matemática é vista como uma ferramenta para as demais áreas. E ao fazer a delimitação dos saberes das áreas curriculares, os autores dos Parâmetros, de uma certa forma, reforçam tal suposição:

“A presença da Matemática nesta área se justifica pelo que de ciência tem a Matemática, por sua afinidade com as Ciências da Natureza, na medida em que é um dos principais recursos de constituição e expressão dos conhecimentos destas últimas, e finalmente pela importância de integrar a Matemática com os conhecimentos que lhe são afins. Esta última justificativa é, sem dúvida, mais pedagógica do que epistemológica, e pretende retirar a Matemática do isolamento

didático em que tradicionalmente se confina no contexto escolar”
(PCN/Ensino Médio, 1999: 105).

Pode-se afirmar que nesta proposta o objetivo do ensino de Matemática e a caracterização do currículo derivada da mesma estariam consoante com o terceiro ponto de vista apresentado por Cain, Carry e Lamb (1985), quando a Matemática é vista como Matemática Aplicada.

Esta visão é reforçada ao analisar as habilidades e competências que se pretendem alcançar, sobretudo os itens expostos nos Parâmetro que se referem diretamente ao ensino de Matemática:

- *“identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para a produção, análise e interpretação de resultados de processos ou experimentos científicos e tecnológicos; (...)”.*
- *“compreender o caráter aleatório e não-determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculo de probabilidades”;*
- *“identificar, analisar e aplicar conhecimentos sobre valores de variáveis, representados em gráficos, diagramas ou expressões algébricas, realizando previsão de tendências, extrapolações e interpolações, e interpretações”;*
- *“analisar qualitativamente dados quantitativos representados gráfica ou algebricamente, relacionados a contextos socioeconômicos, científicos ou cotidianos”;*
- *“identificar, representar e utilizar o conhecimento geométrico para o aperfeiçoamento da leitura, da compreensão e da ação sobre a realidade;(...)”.*
- *“compreender conceitos, procedimentos e estratégias matemáticas, e aplicá-las a situações diversas no contexto das ciências, da*

tecnologia e das atividades cotidianas.” (PCN/Ensino Médio,1999:108-9)

Avançando nas idéias apresentadas pelos Parâmetros Curriculares de Ensino Médio, encontra-se a afirmação da necessidade de se desenvolver o saber matemático, científico e tecnológico como condição de cidadania. Para isso, enfatizam a importância de uma abordagem interdisciplinar, numa visão sistêmica do conhecimento científico. Os assuntos devem ser propostos e tratados de uma maneira global, articulando as possibilidades dadas pelas disciplinas. Assim, a Matemática, por sua presença em quase todas as áreas do conhecimento, é fundamental para o desenvolvimento integral do cidadão.

O enfoque dado por abordagens parciais para o ensino da Matemática (dicotomia Matemática Pura/Matemática Aplicada) é de uma certa forma rompida na proposta dos Parâmetros Curriculares. Há uma preocupação em tratar o ensino da Matemática de uma forma mais abrangente, ressaltando seus dois aspectos: formal (Matemática pura) e o informal (aplicações da Matemática).

“A Matemática no Ensino Médio tem um valor formativo, que ajuda a estruturar o pensamento e o raciocínio dedutivo, porém também desempenha um papel instrumental, pois é uma ferramenta para a vida cotidiana e para muitas tarefas específicas em quase todas as atividades humanas. (..)”.

Nesse sentido, é preciso que o aluno perceba a Matemática como um sistema de códigos e regras que a torna uma linguagem de comunicação de idéias e permite modelar a realidade e interpretá-la. Assim, os números e a álgebra como sistemas de códigos, a geometria na leitura e interpretação do espaço, a estatística e a probabilidade na

compreensão de fenômenos em universos finitos são subáreas da Matemática especialmente ligadas às aplicações.

Contudo, a Matemática no Ensino Médio não possui apenas o caráter formativo ou instrumental, mas também deve ser vista como ciência, com suas características estruturais específicas. É importante que o aluno perceba que as definições, demonstrações e encadeamentos conceituais e lógicos têm a função de construir novos conceitos e estruturas a partir de outros e que servem para validar intuições e dar sentido às técnicas aplicadas." (PCN/Ensino Médio, 1999: 251-2).

No entanto, cabe lembrar que os PCN's nada mais são que documentos indicativos de formação dos currículos das escolas de Ensino Médio no nosso país. E, como todo documento, pode estar fadado ao esquecimento ou ao desconhecimento por parte dos professores. Talvez o processo de avaliação iniciado através do Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM), faça com que as escolas, de uma forma ou outra, adotem as diretrizes dos PCN's. Porém, a formação do professor, que ocorre no Ensino Superior, continua sendo o fator preponderante para a implementação destas idéias. Enquanto os cursos de Licenciatura continuarem privilegiando a chamada Matemática Pura, o eixo teórico do trabalho em sala de aula nas escolas de Ensino Médio e Fundamental não poderá ser muito diferente do que se tem hoje.

CAPÍTULO 2

O ENSINO DA MATEMÁTICA E O DESENVOLVIMENTO DO RACIOCÍNIO

2.1 A Concepção de Polya do Ensino de Matemática

Polya, em 1954, publicou sua obra *Mathematics and Plausible Reasoning*, resultado de seus estudos sobre a invenção matemática. Schoenfeld (1987) observou que Polya não estava preocupado apenas com aforismos, mas procurava um método de solução de problemas matemáticos que fosse fruto de um estudo introspectivo, nos moldes do espírito e da tradição de Descartes. Segundo Schoenfeld, Polya, a partir de seus estudos históricos e de uma perspectiva mais modesta, não procurou este método geral que permitiria a solução de um problema matemático, mas desenvolveu o estudo da heurística. Sobre esta, Polya afirmou:

"O objetivo da heurística é o estudo de métodos e regras de descoberta e invenção... Heurística, como um adjetivo, significa "serve para descobrir". Raciocínio heurístico é raciocínio não visto como final e estrito mas como provisório e plausível somente, cujo propósito é a descoberta da solução de um problema" (Polya in: Schoenfeld, 1987: 284).

No seu primeiro livro sobre este tema, *How to Solve it* (1945), Polya apresentou uma estrutura geral de solução de problemas e os detalhes

necessários para a sua implementação, baseados em sugestões heurísticas. As idéias apresentadas neste livro são exploradas com maior detalhe e profundidade nos dois volumes de *Mathematics and Plausible Reasoning: Induction and Analogy in Mathematics (vol.1)* e *Patterns of Plausible Inference (vol. 2)*, ambos de 1954. Segundo Schoenfeld, estes dois volumes contêm a maioria das idéias pedagógicas e filosóficas de Polya, que, através de vários exemplos históricos do desenvolvimento da Matemática, permitem ao leitor acompanhar o processo de descoberta de determinado conhecimento matemático.

No volume I, *Mathematics and Plausible Reasoning: Induction and Analogy in Mathematics*, Polya procurou mostrar o papel da indução e do pensamento por analogia na descoberta matemática. Para ele, estas formas de pensar são casos particulares do que chamou de raciocínio plausível. No segundo volume, *Patterns of Plausible Inference*, Polya procurou padrões gerais do raciocínio plausível. Neste volume ele afirmou:

“Eu procurei investigar o raciocínio plausível da mesma forma que os naturalistas: fiz observações, coletei dados, estabeleci conclusões e enfatizei os pontos nos quais minhas observações parecem dar suporte às minhas conclusões” (Polya, ,1954b: v).

Polya, nestes livros, demonstrou seu alinhamento com a visão empirista da Matemática, na qual esta é tratada como uma disciplina de descoberta, da mesma forma como acreditava ocorrer com as Ciências Naturais. Polya ainda afirmou que a Matemática não é puramente dedutiva, não começa com axiomas que, através de regras de inferência lógica, vão construindo a prova matemática de um resultado.

"O resultado do trabalho criativo matemático é apresentado através do raciocínio demonstrativo, ou seja, através de uma prova, porém a prova de um resultado matemático é descoberta pelo raciocínio plausível, por conjecturas..." (Polya, 1954b: v).

Esta visão de Polya é retomada ao longo de todos os livros citados, através da discussão de problemas clássicos e de suas respectivas soluções.

Segundo Polya, a experiência modifica as crenças humanas. Nós aprendemos a partir da experiência, ou melhor, nós devemos aprender a partir da experiência. A verdadeira vocação do cientista é utilizar a experiência da melhor forma possível para estabelecer a crença e a veracidade de uma determinada questão. O procedimento pelo qual o cientista elabora conhecimentos a partir da experiência é usualmente chamado de *indução*.

A indução se inicia com a observação; na Matemática, por exemplo, pode-se observar os números e suas propriedades. Porém, esta observação está ligada ao interesse de quem a observa e à sua familiaridade com o assunto. A partir disso, é possível chegar a um segundo estágio da descoberta matemática que é a formulação de conjecturas. Esta é feita a partir de observações, de exemplos particulares de uma determinada situação, ou de situações similares àquela estudada.

Segundo Polya, um procedimento típico indutivo tem as seguintes partes:

1. busca de similaridades e analogias em diferentes casos;
2. busca de generalizações e conjecturas que se relacionam com a experiência;
3. busca de suportes para estas conjecturas baseadas na experiência; tentativas de provar ou não a conjectura; procura de vários casos em que a conjectura é verdadeira, aumentando a credibilidade da afirmação e obtendo sinais favoráveis que indiquem a possível veracidade da conjectura.

Ao se analisar as observações que dão suporte a uma conjectura, verifica-se que algumas daquelas precedem a própria formulação desta e que outras aumentam a sua confiabilidade na procura de sua prova dedutiva. Segundo Polya (1954b), neste processo deve-se aceitar como um princípio básico que: “uma afirmação conjectural aumenta sua credibilidade à medida que um novo caso particular é verificado”.

Na ciência, a atitude que se deve ter em relação à experiência é a chamada *atitude indutiva*. Esta atitude, segundo Polya (1954a:7-8), tem o objetivo de adaptar as crenças ou convicções à experiência de uma forma tão eficiente quanto possível. Isto requer uma preferência pelo que realmente interessa para a conjectura: um pensamento ascendente que parte das observações para a generalização, e um outro descendente, que parte de uma maior generalização para as observações mais concretas. Polya observou que a atitude indutiva requer que se utilize, em vários momentos as expressões "talvez" e "quem sabe ?", em milhares de diferentes matizes. Em especial, a atitude indutiva requer, segundo este autor, primeiramente se estar pronto para rever qualquer uma das nossas crenças ou convicções; segundo, somente mudar de crenças quando houver uma razão compulsória que justifique tal mudança; e em terceiro, não se mudar uma crença de forma voluntariosa, sem uma boa razão para isto. Estes três pontos aparentemente simples requerem, segundo o autor, as seguintes qualidades para um cientista: coragem intelectual, para revisar suas crenças; honestidade intelectual, para admitir quando uma crença contradiz a experiência; e uma “renúncia sábia”, pois para se mudar uma crença é necessário que se faça um estudo minucioso do problema e dos dados. Estes preceitos de Polya podem suscitar várias discussões de ordem axiológica e ética (como por exemplo, qual o significado da expressão “boa razão”, indicada no terceiro preceito), que não se pretende tratar neste trabalho, no entanto fica o registro da importância de se analisar estes preceitos de uma forma mais detalhada.

A generalização, a especialização e a analogia têm um papel fundamental no raciocínio indutivo, que, por sua vez, tem um papel próprio na descoberta da solução de um problema.

Generaliza-se quando se passa de um caso particular para um mais geral que contém o particular. Por exemplo, quando a partir de propriedades de um triângulo se passa a considerar estas propriedades para os polígonos em geral. A especialização ocorre quando a partir de um conjunto mais geral se considera um caso particular. Por exemplo, quando a partir dos polígonos regulares se chega ao tratamento do caso específico dos triângulos eqüiláteros. Tanto a especialização quanto a generalização são conceitos bastante aceitos na comunidade científica. A analogia, por sua vez, é um conceito que está em um campo menos sólido e que, no entanto, se pode considerar como sendo a forma mais geral de raciocínio indutivo. A analogia pode ser considerada como um tipo de similaridade. Segundo Polya, a diferença essencial entre *analogia* e *similaridade* reside nas intenções de quem a está usando.

Dois sistemas são análogos se "concordam" em relações claras e definidas e se correspondem nas suas respectivas partes. Por exemplo, utilizando os conceitos de geometria, tem-se que um triângulo no plano corresponde a um tetraedro no espaço.

Um dos significados da palavra analogia, em grego, é o de proporção. Pode-se dizer que o sistema de dois números (6 e 9) é análogo ao sistema (10 e 15), no sentido de que os dois sistemas têm a mesma razão:

$$6:9 = 10:15$$

De uma forma mais geral se pode representar uma analogia como sendo a relação entre quatro termos:

$$A:B = C:D$$

A analogia, especialmente se for uma analogia incompleta, pode ser ambígua. Assim, considerando-se o triângulo no plano, se pode dizer que este é análogo ao tetraedro no espaço ou à pirâmide. Ambas as analogias são pertinentes, dependendo daquilo que se quer estudar. Polya sugeriu que, antes de se deixar de lado uma analogia vaga, deve-se tentar clareá-la. Neste processo, novas idéias poderão surgir, possibilitando novas perspectivas de solução do problema. A figura abaixo, retirada de Polya (1954a: 15), descreve esquematicamente a relação entre generalização, especialização e analogia.

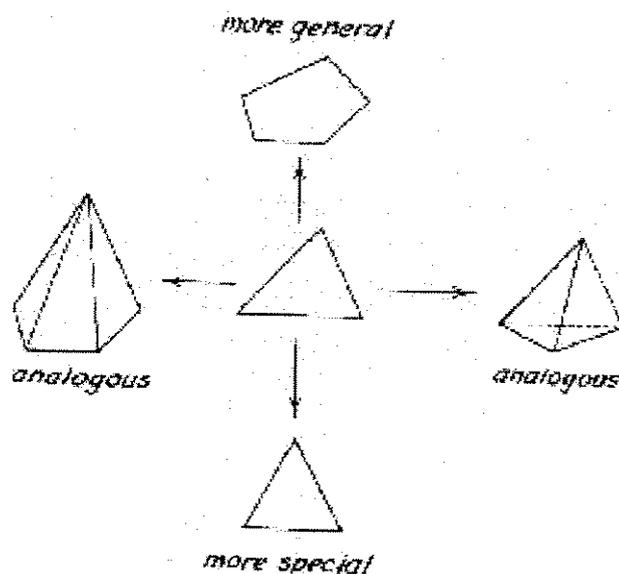


Fig. 1 Generalização, especialização e analogia

Polya caracterizou o raciocínio indutivo como um procedimento onde se examina o desdobramento de uma conjectura e a seguir a sua validade, tendo por base a verificação de fatos. Ou seja, acredita-se ou não numa conjectura na medida em que seus desdobramentos passíveis de serem verificados estão ou não de acordo com os fatos. Polya, em seu trabalho, questionou se os princípios citados anteriormente são subjacentes ao processo indutivo e, através de vários

exemplos da História da Matemática, procurou responder a este e outros questionamentos.

2.2 Dedução, indução e abdução

Outro trabalho importante nesta discussão sobre processo indutivo é o de Charles S. Peirce. O trabalho de Peirce, originalmente publicado em 1885, apresenta, sob o ponto de vista da Lógica, uma teoria para justificar os diversos tipos de raciocínio. Segundo este autor há uma tríade no raciocínio, a saber: *dedução*, *indução* e *hipótese*, esta também chamada de *abdução* ou *retrodução*. A fim de delimitar o que em geral se entende por *raciocínio* e por *raciocinar* recorreu-se a alguns dicionários importantes da Língua Portuguesa e de Filosofia, onde se encontram as seguintes definições:

1. "*Raciocinar é usar a razão para conhecer, para julgar a relação das coisas. Consiste num encadeamento aparentemente lógico de juízos ou pensamentos*".(Aurélio B. de Holanda, *Dicionário da Língua Portuguesa*)

2. "*Ato de pensamento lógico, tendente a tirar uma conclusão particular de dados gerais (dedução), ou uma conclusão geral de dados particulares (indução). Em sua forma primitiva – raciocínio chamado analógico – tira-se uma conclusão particular de fatos particulares.*" (Piéron, 1977: 363)

3. "*Raciocínio é o processo da razão, série de operações mentais explícitas ou não que partem de determinados juízos para outros novos.*" (Legrand, 1991: 323)

4. "*Raciocínio é a operação do pensamento que, partindo de uma ou várias proposições admitidas (premissas), resulta no estabelecimento*

da verdade, da falsidade ou da probabilidade de sua conclusão. O raciocínio é semelhante à inferência, mas é geralmente mais desenvolvido.” (Durozoi & Roussel, 1993: 397)

5. “Raciocínio é qualquer procedimento de inferência ou prova; portanto, qualquer argumento, conclusão, inferência, indução, dedução, analogia, etc.” (Abbagnano, 1970: 789)

Observa-se na própria definição do que é raciocinar, a indicação dos elementos que compõem a tríade apontada por Peirce (1995). Assim, utiliza-se no Dicionário da Língua Portuguesa e nos dicionários de Filosofia, as palavras *dedução*, *indução* e *raciocínio analógico* para definir o que significa *raciocinar*. Com o objetivo de desvendar de uma forma mais apurada o significado de cada uma destas caracterizações apresentadas para definir o que significa *raciocinar*, procurou-se caracterizar cada um dos tipos de raciocínio elencados por Peirce.

Segundo este a *dedução*

“...é o modo de raciocínio que examina o estado de coisas colocado nas premissas, que elabora um diagrama deste estado de coisas, que percebe, nas partes deste diagrama, relações não explicitamente mencionadas, que se assegura, através de elaborações mentais sobre o diagrama, de que essas relações sempre subsistiram, ou pelo menos subsistiram num certo número de casos, e que conclui pela necessária, ou provável, verdade dessas relações.” (Peirce, 1995: 5)

Brenelli (1996), com o objetivo de esclarecer as várias características deste tipo de raciocínio, destacou algumas definições de *dedução* :

1. *“Consiste num raciocínio de tipo mediato, é um processo discursivo que passa de uma proposição a outra até que se considere a conclusão*

do processo; é a derivação do concreto até chegar ao abstrato; é a operação inversa da indução; é um raciocínio equivalente ao silogismo, e, portanto, uma operação estritamente distinta da indução." (Mora, 1994: 144)

2. "Uma definição hoje muito comum e que se aplica a todas as formas de dedução é a que sustenta que, do processo dedutivo se derivam certos enunciados de outros enunciados de um modo puramente formal, isto é, em virtude da forma (lógica) dos mesmos. O enunciado ou enunciados do qual ou dos quais se parte para efetuar a derivação são as premissas ou premissa; o enunciado último derivado dessas premissas é a conclusão. A derivação, até chegar à conclusão, efetua-se por meio das regras de inferência, às quais se dá também o nome de regras de dedução." (Mora, 1994: 145)

A dedução, então, seria o tipo de raciocínio característico das ciências tanto das chamadas exatas, quanto das humanas ou da natureza. No entanto, este tipo de raciocínio é mais classicamente identificado com a Matemática e a Física Teórica. Neste trabalho, a dedução não será tratada de forma mais detalhada, posto que o objetivo principal é discutir o raciocínio abdutivo, considerado como o mais pertinente para ser relacionado com o *raciocínio plausível*, discutido por Polya.

A indução, segundo Peirce (1995) é um argumento que emerge de uma hipótese. Para este autor:

"Indução é o modo de raciocínio que adota uma conclusão como aproximada por resultar ela de um método de inferência que, de modo geral, deve no final conduzir à verdade." (Peirce, 1995: 6)

A indução teria um valor didático, na medida em que ajuda a compreender e nos conduz a interrogar sobre o que pode ser paradigmático ou não (Grize, in: Brenelli, 1996: 129).

São encontradas várias caracterizações de *indução*, como as indicadas a seguir:

1. *“A Indução é o procedimento que dos particulares leva ao universal.”*
(Aristóteles).

2. *“Em Matemática, chama-se indução ao procedimento (formalizado) de raciocínio por recorrência”. (...) as lógicas das restantes ciências não dispõem de um método que lhes permita definir a indução senão como uma forma variável da generalização; (...) os exemplos tirados das ciências experimentais mostram que a “lei” ou “princípio” que resume os conhecimentos é apenas uma extrapolação (Cournot), muitas vezes assente numa analogia.(...) A indução só é rigorosa quando imita um modelo matemático.”* (Legrand , 1983: 223)

As duas definições destacadas lembram algumas caracterizações apresentadas nos trabalhos de Polya relativas ao raciocínio indutivo. No entanto, considera-se que a relação mais próxima entre as idéias de Polya e Peirce ocorre, de uma forma mais clara, quando se observa a caracterização de Peirce para pensamento *abdução*.

A *abdução* diz respeito ao processo de formulação de hipóteses, porém sujeitas à condição de serem submetidas a testes, envolvendo procedimentos indutivos e dedutivos.

A *abdução*^{2a}, segundo Peirce (1995), é a adoção provisória de uma hipótese em virtude de serem passíveis de verificação experimental todas as possíveis conseqüências, de tal modo que se pode esperar que a persistência na aplicação do mesmo método acabe por revelar seu desacordo com os fatos, se desacordo houver (Peirce, 1995: 6).

Brenelli (1996) observa que a *abdução*, também chamada algumas vezes de *hipótese*, é uma espécie de raciocínio que consiste em formular racionalmente uma hipótese que pode, a seguir, servir de princípio para uma dedução.

Segundo Peirce, a *abdução* é o processo de formação de uma hipótese explanatória. É a única operação lógica que apresenta uma idéia nova, pois a indução nada faz além de determinar um valor, e a dedução, meramente desenvolve as conseqüências necessárias de uma hipótese pura.

“A dedução prova que algo deve ser; a indução mostra que alguma coisa realmente é operativa; a abdução simplesmente sugere que alguma coisa pode ser.” (Peirce, 1995: 220).

Segundo Abbagnano (1970), a *abdução* é um processo de prova indireta, semi-demonstrativa, em que a premissa maior é evidente, porém a menor é só provável ou mais facilmente aceita pelo interlocutor do que a conclusão que se quer demonstrar. Segundo este autor, Peirce introduziu o termo *abdução* para indicar o primeiro momento do processo indutivo, o da escolha de uma hipótese que possa servir para explicar determinados fatos empíricos.

A analogia, segundo Peirce (1995), combina as características da indução e da *abdução*.

^{2a} O tradutor do texto de Peirce observa que por problemas de tradução utiliza-se a palavra *abdução* ao invés de *retrodução*, que seria uma tradução mais próxima do termo grego utilizado por Aristóteles.

“Analogia é a inferência de que um conjunto não muito extenso de objetos, se estes estão em consonância sob vários aspectos, podem muito provavelmente estar em concordância também sob um outro aspecto”. (Peirce, 1995: 6).

Pode-se afirmar que as concepções de Polya e Peirce para *analogia* concordam no sentido de ambas relacionarem este conceito com o de raciocínio indutivo. Para Peirce, a analogia está relacionada com a abdução, que, como já observado, corresponde a um primeiro estágio do processo indutivo. Polya não utilizou a terminologia de Peirce; no entanto, pela forma como desenvolveu suas idéias a respeito da criação matemática, apresentando para corroborar suas concepções vários episódios da História da Matemática, se pode dizer que a formulação de conjecturas de Polya corresponde à chamada abdução para Peirce.

Assim, é possível afirmar que tanto as idéias de Peirce como as de Polya, sobre como o raciocínio se desenvolve, permitem inferir sobre qual tipo de raciocínio o ensino de Matemática deve trabalhar. Alunos que pensam, que testam hipóteses, que verificam resultados necessariamente apresentam uma aprendizagem mais significativa e duradoura dos conceitos matemáticos.

Lembrando Peirce, novamente, a abdução ou “argumento originário” é a única forma de raciocínio que inaugura uma nova idéia. Segundo este autor,

*“Nem a dedução ou a indução podem acrescentar o menor elemento que seja ao dado da percepção, simples perceptos não constituem qualquer conhecimento aplicável a qualquer uso prático ou teórico, Tudo que torna o conhecimento aplicável nos chega via abdução”
(Peirce, in: Truzzi, 1991: 23)*

No trabalho organizado por Eco e Sebeok (1991), que trata das idéias de Peirce encontradas nos livros de Sherlock Holmes, são expostas várias questões que podem ser relacionadas às idéias que Polya apresentou sobre como ocorre o pensamento matemático.

Segundo estes autores, Peirce afirmava que uma hipótese deve sempre ser considerada como uma pergunta e, embora todo conhecimento novo surja de conjecturas, estas são inúteis sem o teste de averiguação. Segundo Peirce, os preconceitos ou hipóteses que relutamos em submeter ao teste da indução são o maior obstáculo para um pensamento bem sucedido. Truzzi (1991) comenta que a admiração de Peirce por Kepler surge da extraordinária capacidade que este, assim como outros nomes da História da Ciência tinham de sustentar a cadeia suposição-teste-suposição. Esta idéia também é encontrada nos trabalhos de Polya onde o chamado raciocínio plausível é descrito exatamente como a capacidade de se fazer conjecturas, testar, verificar a sua validade, para posteriormente se chegar a um resultado geral. É a caracterização do que Polya chamou de raciocínio indutivo.

Peirce, no entanto, procurou deixar claro que abdução e indução são coisas diferentes, apesar de admitir que no início de seus estudos misturou hipótese (abdução) com indução. *Abdução e indução*, “ambas levam à aceitação de uma hipótese, porque os fatos observados são exatamente os que resultariam, necessária ou provavelmente, como consequência daquela hipótese” (Truzzi, 1991: 32). Porém, como afirmou Peirce

“... a abdução se inicia a partir dos fatos, sem que, nesse começo haja qualquer teoria particular em vista, embora seja motivada pelo sentimento de que a teoria é necessária para explicar os fatos surpreendentes. A indução se inicia de uma hipótese, que parece recomendar a si própria, sem que, nesse começo haja quaisquer fatos em particular à vista, em função de ver a necessidade de mais dados

empíricos para sustentar uma teoria. A abdução persegue uma teoria, a indução persegue fatos. Na abdução, a consideração dos fatos sugere a hipótese. Na indução, o estudo da hipótese sugere a experimentação que traz à luz os próprios fatos, para os quais a hipótese havia apontado.” (Peirce, in: Truzzi, 1991: 32)

A partir das discussões acima, procurou-se mostrar a importância de, no decorrer das aulas de Matemática, o professor trabalhar tanto com o aspecto formal quanto com o criativo desta disciplina. Solucionar problemas utilizando o raciocínio por analogia pode ser uma das maneiras de se desenvolver o raciocínio plausível, essencial para a criação matemática e para a solução de diversos problemas que se apresentam no dia-a-dia. Nesta perspectiva, entende-se que a utilização do computador como ferramenta pedagógica, facilita a criação de situações reais onde o raciocínio indutivo possa ser trabalhado, através, por exemplo, de analogias e generalizações.

CAPÍTULO 3

INTERAÇÃO HUMANO-COMPUTADOR

O termo *interação humano - computador* (IHC), segundo Rocha e Baranauskas (2000), foi adotado em meados dos anos 80 como um meio de descrever um novo campo de estudo. Este termo, como assinalam as autoras,

“...foi criado para mostrar que o foco de interesse é mais amplo que somente o design de interfaces e abrange todos os aspectos relacionados com a interação entre usuários e computadores.” (Rocha e Baranauskas, 2000: 14)

As autoras observam que embora ainda não exista uma definição estabelecida para IHC, pode-se, através da conceituação abaixo, ter uma idéia do espírito deste campo de estudo neste presente estágio:

“IHC é a disciplina preocupada com o design, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para uso humano e com o estudo dos principais fenômenos ao redor deles.” (Rocha e Baranauskas, 2000: 14)

3.1 As teorias que procuram descrever a interação humano-computador

Atualmente, uma das principais discussões na área de estudo da interação humano - computador se refere à falta de uma teoria adequada que, segundo pesquisadores da área (Kaptelinin 1997), seria o principal motivo para um progresso relativamente modesto da área em comparação ao desenvolvimento tecnológico.

No desenvolvimento da pesquisa na área da interação humano-computador (IHC) utiliza-se o conhecimento acumulado das chamadas ciências cognitivas. Em particular, esta área utiliza os conhecimentos sobre processos cognitivos e estruturas, bem como do método de investigação da Psicologia Cognitiva. A abordagem cognitiva tem permeado os métodos e as técnicas da interação humano-computador. Entretanto, segundo vários autores, teria ainda assim um impacto limitado no desenvolvimento de “designs” práticos.

Apesar da abordagem cognitiva ser um arcabouço teórico reconhecido como fundamental na área de HCI, o *Processamento da Informação* não seria suficiente para conta de todos os aspectos que ocorrem na relação humano-computador. Segundo Kaptelinin (1996), existe aceitação geral dos pesquisadores de que a Psicologia Cognitiva não tem sido satisfatória para o desenvolvimento da área de IHC, embora haja pouca aceitação em relação a alternativas teóricas.

Segundo pesquisadores da área, apesar do modelo tradicional cognitivista de Processamento da Informação: percepção(*input*); processamento e controle dos dados; resposta após o processamento (*output*) – descrever coerentemente a relação humano-computador, deve-se considerar o *aspecto do contexto* em que ocorre esta relação, o que não acontece na abordagem cognitivista.

Existem propostas que variam desde de um enriquecimento do esquema tradicional cognitivo (Barnard, 1991), a uma mudança radical de paradigmas, como a utilização de estudos de metodologia etnográfica (Monk, 1993).

Kaptelinin (1996) afirma que neste período de incerteza teórica, tem havido um interesse crescente na Teoria da Atividade, estimulada especialmente pelos trabalhos de Bødker (1989).

3.1.1 Psicologia Cognitiva

A Psicologia Cognitiva teve seu período de desenvolvimento na década de cinquenta quando várias linhas de pensamento procuraram quebrar as ortodoxias predominantes na Psicologia. No entanto, como observam Eysenck & Keane (1994), o marco inicial das idéias defendidas pela Psicologia Cognitiva é encontrado nos trabalhos de William James (1890) e Tolman (1932). Segundo Eysenck & Keane (1994), William James estabeleceu a distinção entre *memória primária* e a *memória secundária*, e esta distinção foi retomada setenta anos mais tarde, quando psicólogos cognitivos começaram a estudar de forma mais sistemática a *memória de curto e longo prazo*. A influência de Edward Tolman, psicólogo behaviorista, é ainda mais interessante, pois a partir de suas pesquisas experimentais reconheceu que o aprendizado pode ser compreendido apenas ao se focar processos e *estruturas internas* ao invés de reações motoras (Eysenck & Keane, 1994: 10-1).

Além destes marcos históricos, a Psicologia Cognitiva foi influenciada pelos avanços na tecnologia das telecomunicações, nos trabalhos de Shanon & Weaver, cujas idéias foram estendidas aos seres humanos. As teorias psicológicas incorporaram desta influência as idéias de *codificação de informações, capacidade limitada por canal e a distinção entre processamento*

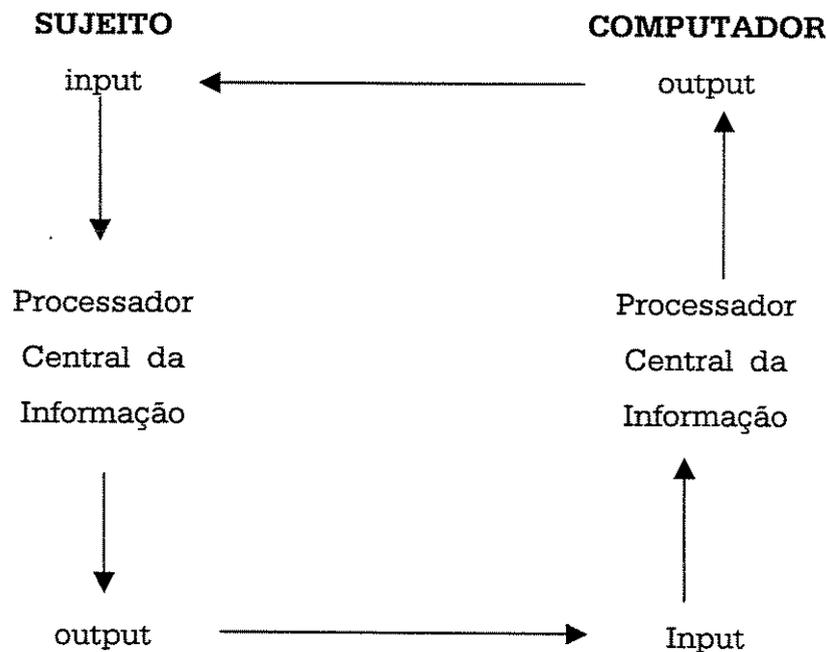
seriado e paralelo. Os trabalhos de Donald Braodbent (1958) foram a síntese das linhas de trabalho iniciadas por esta influência das telecomunicações.

O computador digital foi, segundo Eysenck & Keane, outro importante fator na formação da Psicologia Cognitiva. A procura de metáforas tecnológicas para descrever aspectos do funcionamento humano, levou muitos teóricos da Psicologia Cognitiva a comparar a mente ao funcionamento de um computador. Assim, o homem era visto como um *processador de informações* (Eysenck & Keane, 1994: 12). Talvez seja esta característica que faz com que ainda hoje este modelo teórico seja o mais aceito na área de IHC.

A Psicologia Cognitiva considera a mente humana como uma unidade específica de *processamento de informação*. Segundo Kaptelinin (1996) várias propostas de arquitetura da cognição humana têm sido feitas, porém sempre baseadas em três módulos ou subsistemas:

1. Um subsistema sensorial de input (estímulos);
2. Sistema central de processamento da informação;
3. Um subsistema motor de output (resposta).

Outras idéias fundamentais para a descrição cognitiva são os níveis de processamento. *Estímulo* (input) e *resposta* (output) são níveis baixos de processamento de informação humana porque lidam com dados da realidade externa. Níveis mais altos de processamento permitem identificação e classificação destes dados, da mesma forma que a assimilação destes numa representação mental, compreensão, análise, e tomada de decisão. A informação segundo a abordagem cognitiva, é processada em ambas direções, isto é, da realidade para os modelos e dos modelos para a realidade.



Segundo Kaptelinin (1996), a interação humano-computador pode ser vista como um *loop* do processamento da informação. E para este autor, as vantagens de utilizar esta relação é óbvia. Primeiro porque ela possibilita uma descrição de todo o sistema de IHC segundo o Processamento de Informação. Segundo porque ela estrutura o problema da IHC numa forma utilizável. Aspectos da interação humano-computador como apresentação de informação ao usuário, percepção do usuário, modelos mentais, controle do sistema pelo usuário, estímulos planejados, e interface do usuário *versus* funcionalidade do sistema, podem ser facilmente descritos segundo este esquema.

Kaptelinin (1996) destacou que a idéia de níveis foi outro aspecto muito utilizado no estudo da IHC. Os cinco níveis de interação humano-computador propostos por Moran (1981), são um exemplo desta influência. Moran, segundo Kaptelinin (1996), identificou cinco níveis:

- Nível da tarefa;
- Nível semântico;

- Nível sintático;
- Nível de interação
- Nível dos projetos físicos.

Esta estrutura é explicitamente orientada para o *design* e utiliza uma analogia com a programação *topdown* no *design* de interface do usuário.

Apesar de aparentemente ter o esquema mais apropriado para ser utilizado na descrição da IHC, a Psicologia Cognitiva não tem apresentado o resultado esperado em termos de possibilitar um avanço efetivo nas pesquisas desta área. O esquema do Processamento de Informação é fechado o que dificulta a consideração dos problemas que ocorrem fora dele. Daí a procura por outros modelos explicativos.

3.1.2 Engenharia Cognitiva

Engenharia Cognitiva é um termo cunhado por Donald Norman (1986) para refletir sua preocupação com o *design* e a construção de máquinas. A *Engenharia Cognitiva* tem como seu objetivo compreender a dificuldade de entendimento entre máquina e usuário e mostrar como fazer escolhas melhores, quando existem, na elaboração de interfaces mais prazerosas.

Rocha e Baranauskas (2000), observam que as metas principais da Engenharia Cognitiva seriam:

“entender os princípios fundamentais da ação humana que são relevantes à engenharia do design, indo além dos aspectos ergonômicos; criar sistemas ‘agradáveis de usar’, que possibilitem ao usuário um ‘engajamento prazeroso’ na terminologia de Laurel (1990),

indo além dos aspectos de facilidade de uso.” (Rocha e Baranauskas, 2000: 104)

No desenvolvimento desta discussão o autor procurou mostrar a diferença entre variáveis psicológicas e variáveis físicas. Segundo o autor, há uma discrepância entre as metas pessoais psicológicas expressas e os controles físicos e variáveis da tarefa. A pessoa inicia uma tarefa com metas e intenções (variáveis psicológicas), no entanto para realizar a tarefa ela utilizará um sistema físico com mecanismos que devem ser manipulados, resultando em mudanças nas variáveis físicas e no sistema. Assim, a pessoa deve interpretar as variáveis físicas em termos relevantes para os objetivos psicológicos e deve traduzir as intenções psicológicas em ações físicas sobre os mecanismos. Isto significa que deve haver um estágio de relacionamento entre variáveis físicas e psicológicas assim como funções que relacionam a manipulação de variáveis físicas para que resulte em uma mudança de estado físico.

Em uma tarefa aparentemente simples de ser efetuada, ao se analisar o processo de realização desta, encontraremos várias dificuldades, pois geralmente as variáveis que podem ser controladas não são aquelas significativas para a pessoa que está realizando a tarefa. A relação entre o sistema e a interpretação psicológica é complexa.

A partir da relação entre variáveis psicológicas e físicas, Norman procurou mostrar a necessidade de desenvolver ferramentas teóricas para entender o que o usuário está fazendo. Há, segundo ele, necessidade de uma *teoria da ação*, mais especificamente, há a possibilidade de se desenvolver teorias aproximadas que dêem conta desta relação. Uma teoria aproximada para a ação que faça distinção entre os diferentes estágios das atividades, não necessariamente para ser aplicada sempre e numa mesma ordem, mas com diferentes tipos de atividades que capturem aspectos críticos do *fazer coisas*.

As discrepâncias entre variáveis psicológicas e físicas são, segundo o autor, os problemas maiores para serem tratados no *design*, análise e uso de sistemas.

Norman (1986) representa estas discrepâncias como dois abismos, o da *Execução* e o da *Avaliação*³, que necessitam ser conectados.

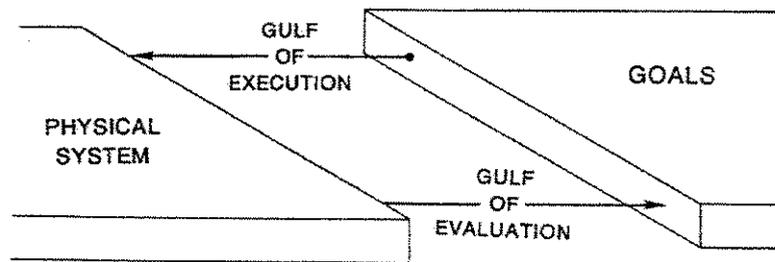


FIGURE 3.1. The Gulfs of Execution and Evaluation. Each Gulf is unidirectional: The Gulf of Execution goes from Goals to Physical System; the Gulf of Evaluation goes from Physical System to Goals.

Fig. 2 Abismos de Execução e Avaliação

O usuário do sistema começa com as metas expressas em termos psicológicos. O sistema apresenta seu *estado* em forma física. Metas e estado do sistema diferem significativamente em forma e conteúdo, criando os abismos apontados anteriormente (Norman, 1986:38). Os abismos podem ser ligados em qualquer uma das direções. O *designer* pode ligar os abismos começando do sistema em direção ao usuário, construindo características de entrada e saída que combinem da melhor forma possível com as necessidades do usuário. O usuário pode ligar os abismo através da criação de planos, seqüência de ações e interpretações que tornam a descrição das metas e intenções mais próximas à descrição do sistema.

³ Rocha e Baranauskas (2000) apresentam no seu trabalho o nome de Golfo de Execução e Golfo de Avaliação, mas cremos que "abismo" represente melhor a idéia de "gulf" no texto original.

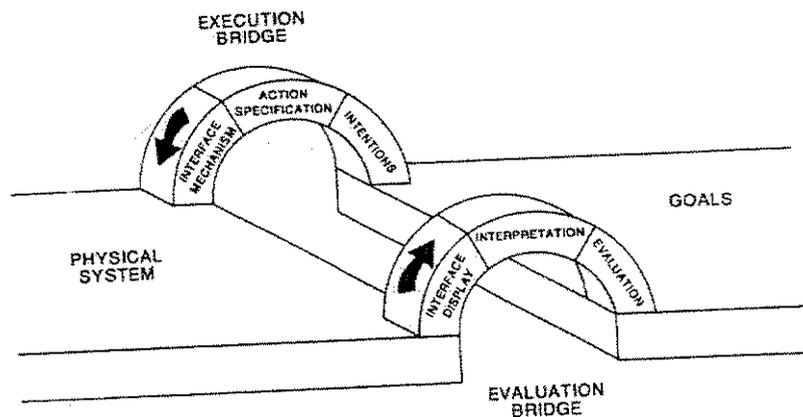


Fig. 3. Ligações entre o sistema e metas

Segundo Rocha e Baranauskas (2000), o abismo de *Execução* envolve as atividades de formação da intenção, especificação da seqüência de ações e execução da ação através do contato com mecanismos de entrada da interface. O abismo de *Avaliação*, requer a comparação e a interpretação do estado do sistema com as metas e intenções originais. Começa com a apresentação de saída da interface, a partir da qual o usuário passa pela atividade de processamento perceptual da saída, interpretação e avaliação (comparação da interpretação do estado do sistema com a intenção e metas originais).

A construção de uma interface tem como objetivo facilitar a travessia do usuário por estes dois abismos.

A Engenharia Cognitiva, segundo Rocha e Baranauskas (2000), conceitua interface pelos seus dois aspectos, isto é, o lado do sistema e o do ser humano. Assim, o design de interfaces neste paradigma relaciona três tipos de conhecimento:

- de design, programação e tecnologia;
- de pessoas, princípios do funcionamento mental, comunicação e interação;

- conhecimento da tarefa.

No entanto, apesar desta perspectiva apresentar mudanças em relação à abordagem cognitiva, o contexto em que ação é desenvolvida não é levado em conta na análise da interação humano – computador.

3.1.3 Teorias que consideram o Contexto

A necessidade de estudar o contexto para entender as relações entre os indivíduos, artefatos e grupos sociais é um ponto fundamental, segundo Nardi (1996a), para avanços nos estudos da área de IHC venham a ocorrer.

Nardi (1996a) apresenta três visões que consideram o contexto na descrição da IHC: a *Teoria da Atividade*, *Modelos de Ação Situada* e *Cognição Distribuída*. A autora além de explorar as características de cada uma destas visões deixa clara sua opção pela Teoria da Atividade.

3.1.3.1 Modelos de Ação Situada

Os *modelos de ação situada*, segundo Nardi, enfatizam a natureza emergente e contingente da atividade humana. A forma como uma atividade se desenvolve relaciona-se diretamente com as particularidades de uma determinada situação. O foco de estudo é a prática, em oposição ao estudo formal ou cognitivo das propriedades dos artefatos, ou das relações sociais estruturadas ou dos conhecimentos culturais e valores.

A ação situada na visão de Nardi, não nega que os artefatos e as relações sociais ou os conhecimentos culturais e os valores são importantes, mas os teóricos desta linha consideram que o verdadeiro lugar de pesquisa ou

investigação deve ser “a atividade diária de uma pessoa atuando em um cenário determinado” (Nardi, 1996a: 71). Esta autora aponta como o principal expoente nesta área de estudo Lave (1988), a qual identifica como unidade básica de análise da Ação Situada “a atividade de uma pessoa atuando em um cenário” (Nardi, 1996a: 71). A unidade não é o indivíduo nem o meio mas a relação entre os dois. Um cenário é definido como “a relação entre a pessoa atuando e as diversas arenas relacionadas com sua atuação” (Nardi, 1996a: 71). Uma arena é um esquema institucional. A autora dá como exemplo, um supermercado que é uma arena na qual uma atividade ocorre. Para uma pessoa que vai fazer compras, o supermercado é o cenário onde sua ação irá se desenvolver, segundo suas necessidades de consumo. A pessoa escolhe o que irá comprar e assim “edita” a instituição para que esta fique adequada às suas necessidades.

Um aspecto interessante ao se analisar uma atividade na perspectiva da *Ação Situada*, está na necessidade de se prestar atenção ao fluxo de desenvolvimento da atividade, localizada num cenário real com desenvolvimento próprio, porque segundo esta abordagem, o ambiente e o caráter de improvisação da atividade humana são fundamentais para a descrição da relação de uma atividade. Fenômenos estáveis e duradouros que persistem através das situações não são estudadas por esta perspectiva que considera que cada solução pertence a uma única situação ou problema, que envolve improvisação pessoal que começa e termina na resolução do problema.

Um princípio central da *Ação Situada* refere-se a atividade em si. Nesta perspectiva a estruturação de uma atividade não é algo que a precede, mas que ocorre na medida em que ela é realizada. Sendo assim, o comportamento real numa situação real, não utiliza fórmulas rígidas de solução de problemas, nem mesmo concebe soluções racionais de problemas. Um exemplo clássico de improvisação citado por Nardi (1996a), encontrado no trabalho de Lave (1988), refere-se à história do *queijo cottage*. Nesta história, um participante do programa “*Vigilantes do Peso*”, tem a tarefa de servir um *queijo cottage*

seguindo as orientações do programa, quais sejam, a quantidade de queijo *cottage* deverá ser medida da seguinte forma: *três quartos de dois terços* de um copo deste tipo de queijo. Para encontrar a quantidade correta de queijo, a pessoa que estava fazendo a dieta, após pensar um pouco no problema, resolveu da seguinte maneira: “encheu o copo medida com dois terços do queijo, derramou-o sobre uma tábua de frios, dando-lhe a forma de um círculo, marcou uma cruz sobre o círculo, dividindo-o em quatro partes. Guardou uma destas partes e serviu as três restantes” (Nardi, 1996a: 72). Com este exemplo, a autora procurou mostrar que numa situação simples e particular, o indivíduo pode apresentar uma resposta criativa e própria para solucionar o problema, muitas vezes utilizando apenas experiências do dia-a-dia, ao invés de conteúdos elaborados, ou respostas de outras situações semelhantes.

Schuman e Lave a partir desta perspectiva apresentam, segundo Nardi (1996a), críticas à abordagem tradicional cognitiva, onde a busca de fórmulas para a solução dos problemas é uma das principais características.

3.1.3.2 Cognição Distribuída

A *Cognição Distribuída* é, segundo Nardi (1996a), uma área da ciência cognitiva que estuda a representação do conhecimento tanto no interior dos indivíduos quanto no exterior, ou seja no mundo. Flor e Hutchins (1991), citados no artigo de Nardi afirmam que os estudos dos fenômenos cognitivos segundo esta abordagem procuram uma compreensão de como a inteligência está manifestada no nível dos sistemas, em oposição ao nível individual de cognição.

Segundo esta abordagem, a unidade de análise de um sistema cognitivo é composta pelo indivíduo e pelos artefatos que ele utiliza. O sistema cognitivo seria o mesmo que uma atividade para a Teoria da Atividade. Como exemplo de uma situação analisada nesta perspectiva, Nardi (1996a) apresenta o exemplo

encontrado em Hutchins que descreve a atividade de vôo num avião, focalizando o painel de controle. O sistema do painel de controle existe para que o objetivo de que um “vôo com sucesso” ocorra. Porém, este sistema não está relacionado a uma pessoa apenas, mas a uma equipe que tem suas ações distribuídas entre os diferentes artefatos que utilizam. O painel de controle com os pilotos e seus instrumentos formam um sistema cognitivo que só pode ser entendido quando o compreendemos como uma unidade, as contribuições individuais dos agentes do sistema e a coordenação necessária entre estes agentes para alcançar um objetivo (“vôo com sucesso”).

A *Cognição Distribuída* transporta a unidade de análise para o sistema e no funcionamento do sistema, mais do que a teoria antiga de sistemas faz. Muitos estudiosos da área se referem a esta unidade como “sistema funcional” ao invés de “sistema cognitivo”, escondendo a noção de indivíduo que o termo cognitivo pode sugerir.

A *Cognição Distribuída* está relacionada tanto com o sistema de representações internas e externas do indivíduo quanto com a transformação destas estruturas no desenvolvimento da atividade. Está mais ligada a uma ciência cognitiva tradicional, porém com diferença que a cooperação entre as pessoas e os artefatos são o foco de interesse e não apenas a cognição individual.

3.2 A Teoria da Atividade

3.2.1 As origens

A mediação é, segundo Vygotsky, um processo marcado pelo desenvolvimento filogenético (onde a cultura é vista como o mais alto grau de desenvolvimento) e pelo desenvolvimento genético. Bellamy (1996), aponta para a necessidade de se estudar mais detalhadamente o conceito de mediação no

desenvolvimento da criança para se obter princípios básicos para a criação de tecnologias educacionais particulares. Segundo esta autora, para Vygotsky a aprendizagem dos indivíduos é mediada pelo mundo e ocorre a partir de ações externas que no decorrer do processo, tomam-se atividades mentais internas. A internalização de uma atividade externa ocorre quando, ao realizar uma atividade, a criança passa a observar padrões no seu comportamento e, a partir disso, passa a compreender a atividade externa que realiza. À medida que seu comportamento passa a ser dirigido por processos mentais internos, a criança progressivamente deixa de lado os suportes externos dados pelos objetos e pelas pessoas. Assim, a estrutura do pensamento da criança está de uma forma inextricável atada à estrutura da atividade externa que inicia o processo de aprendizagem. Uma vez internalizado, o processo de pensamento da criança vai além do que as atividades externas permitem. Vygotsky argumentou que este desenvolvimento ocorre através da mudança ativa do mundo externo que possibilita novas formas de pensamento.

Segundo Vygotsky, a criança apresenta dois níveis de execução de uma tarefa. Um primeiro onde pode realizar sozinha uma tarefa solicitada, e um segundo, onde, para realizar a tarefa, necessita da ajuda de alguém com mais experiência no assunto. Este segundo nível é chamado de *zona de desenvolvimento proximal*.

Desta forma, o adulto passa a ser uma peça importante no processo de desenvolvimento da criança, pois, a partir de sua ajuda, a criança poderá solucionar problemas ou realizar tarefas que individualmente seria incapaz de fazer.

A teoria de desenvolvimento humano de Vygotsky tem, segundo Bellamy (1996), várias implicações para o processo educacional. Primeiramente, considerando que o pensamento é mediado por ferramentas e que as formas de pensamento de uma determinada cultura estão baseados nas ferramentas criadas por esta, o objetivo da educação é proporcionar à criança atividades

engajadas e com significado que lhe permitam fazer parte desta cultura. Para ter acesso a esta cultura e participar do processo é necessário que a criança realize atividades semelhantes a dos adultos, utilizando ferramentas similares, adequadas a sua idade, que possibilitem o desenvolvimento de habilidades necessárias para a utilização, futuramente, dos mesmos artefatos dos adultos nas mesmas atividades. A educação, segundo esta pesquisadora, deve possibilitar ao aluno condições para criar novos artefatos e relacionar sua cultura e seus projetos com a cultura e projetos utilizados por outros. A idéia principal é de que a criança deve construir seus artefatos e dividi-lo com os demais membros da sua comunidade.

De acordo com Vygotsky, o pensamento também é mediado por regras, convenções e estruturas sociais. Assim, a criança deve participar de situações de aprendizagem que envolvam a interação com alunos de diversos níveis de aprendizagem. Os mais experientes, no caso, podem proporcionar modelos apropriados de comportamento e práticas sociais. Isto significa, também, que como a compreensão ocorre na mediação social, as crianças devem estar engajadas em discussões com a comunidade, incluindo os mais experientes e os novatos. Nesta situação todos terão algo a aprender, tanto professores quanto os alunos mais experientes e os mais novos no assunto, ressaltando que serão estes que terão a maior transformação. Em termos educacionais, a *aprendizagem colaborativa* é a que tem apresentado as principais contribuições para esta abordagem.

3.2. 2 Teoria da Atividade: unidades principais de análise

A Teoria da Atividade dá conta de vários fenômenos que ocorrem na relação homem – computador, especialmente por ser uma das que considera o *contexto social* em que a ação se realiza como fundamental para análise da

atividade. Esta teoria é uma ferramenta descritiva do comportamento humano, e está centrada na análise de situações práticas. Seu objeto de estudo é o entendimento da unidade de consciência e atividade. Para seus teóricos, a consciência está localizada na prática do dia-a-dia.

Uma atividade, na perspectiva desta teoria, é composta pelo sujeito, objetivo, ação e operação. A atividade, segundo Leontiev (1981), é a unidade de vida mediada pela reflexão mental. A sua real função é orientar o sujeito no mundo dos objetos. Ou seja,

“a atividade não é uma reação ou agregado de reações, mas um sistema com sua própria estrutura, suas próprias transformações internas, e seu próprio desenvolvimento.” (Leontiev, 1981: 46)

O conhecimento do mundo, segundo o autor citado, é mediado pela interação do sujeito com este mundo. Wertsch (1981), no prefácio ao artigo de Leontiev (1981) sobre *“O problema da Atividade em Psicologia”*, afirmou que na perspectiva da Teoria da Atividade, nem o mundo externo, nem o organismo humano, sozinhos são responsáveis pelo desenvolvimento do conhecimento sobre o mundo, mas sim o processo de atividade no qual o agente humano está engajado. Com isto, a noção de *atividade* tem uma função explanatória central na Psicologia Soviética. Segundo Leontiev (1981), ao ser introduzida a categoria da atividade nos estudos de Psicologia, a estrutura conceitual muda inteiramente.

A categoria da atividade tem, na sua forma completa, três aspectos:

1. Sua estrutura;
2. Sua dinâmica específica;
3. Suas várias formas.

Para justificar estes três aspectos, Leontiev (1981) destacou que:

“se a atividade humana é retirada do sistema de relações sociais e da vida social, esta não existirá e não terá nenhuma estrutura. A atividade humana individual é um sistema no sistema de relações sociais. Ela não existe sem estas relações. A forma específica sob a qual a atividade existe é determinada pelas formas e meios materiais e mentais da interação social, que são criados pelo desenvolvimento da produção e não podem ser realizados de outra maneira que não seja a atividade com pessoas concretas.” (Leontiev, 1981: 47)

A característica básica da atividade é a sua orientação para um objetivo. A expressão “atividade não objetiva” é desprovida de sentido. Mesmo que uma atividade pareça não ter um objetivo, ao ser investigada cientificamente, ter-se-á que descobrir este objetivo. O objetivo de uma atividade, segundo Leontiev (1981), emerge de duas formas: primeiramente, na sua existência dependente, subordinando e transformando a atividade do sujeito, e em segundo lugar, como imagem mental do objetivo, como produto do sujeito detectando suas propriedades. E isto só ocorre através da atividade do sujeito. O desenvolvimento do objetivo contido na atividade pode também ser visto como o resultado do desenvolvimento da reflexão mental que regula a atividade no meio objetivo.

Lembrando que a Psicologia Sócio-Histórica quebra o dualismo cartesiano, ou seja, que nesta perspectiva *externo* e *interno* se comunicam, a atividade externa é o que permite quebrar o círculo do processo mental interno, refletindo com isso a necessidade de se entender esse processo através da mediação. Em Vygotsky, esta mediação é feita através de signos ou ferramentas, sendo que os signos estão no nível interno do sujeito e as ferramentas pertencem ao mundo externo. A Teoria da Atividade não faz esta mesma distinção, e a relação entre

sujeito e objeto é mediada pelos instrumentos que englobam signos e ferramentas.

O instrumento media a atividade e assim relaciona o homem não apenas com o mundo dos objetos mas também com outros homens. Por causa disso, Leontiev (1981), afirmou que a atividade humana assimila a experiência da humanidade. Isto significa que:

“o processo mental humano (suas funções psicológicas superiores) adquire uma estrutura necessariamente atrelada aos meios formados sócio - historicamente e métodos transmitidos por outros no processo de trabalho cooperativo e na interação social.” (Leontiev, 1981: 56)

Os processos psicológicos superiores, exclusivos do homem, só podem ser adquiridos através da interação como outros homens, isto é, através de um processo inter - psicológico.

É na atividade desenvolvida com o outro que se pode passar de um desenvolvimento real (que já se possui) para um desenvolvimento potencial (futuro). Na Teoria da Atividade, assim como na Teoria Sócio – Histórica de Vygotsky, a passagem do plano interpessoal para o plano intrapessoal ocorre no chamado processo de internalização.

A forma inicial e fundamental de atividade humana é externa. O plano interno da atividade, as operações mentais internas e ações são formadas no processo de internalização.

Segundo Zinchenko e Gordon (1981), a internalização é a transição na qual um processo externo, com objetos materiais, é transformado em um processo que ocorre no nível mental, o nível da consciência. Nesta transição, há mudanças específicas como generalizações, verbalizações, abreviações e, o mais importante, tornam-se meios para outros desenvolvimentos que transcendem a própria atividade externa.

Este processo ocorre na Zona de Desenvolvimento Proximal, onde através do trabalho com o outro (plano interpsicológico), adquire condições de se atingir o desenvolvimento potencial, transformando-o em desenvolvimento real, adquirido, pertencente ao plano intrapsicológico.

Segundo Leontiev (1981), Vygotsky, nos seus primeiros trabalhos deixou os fundamentos para análise da atividade como um método da psicologia científica. Ele introduziu os conceitos de ferramentas, ferramentas operacionais, metas e posteriormente, motivo. No entanto, como observou Leontiev, estes conceitos são um tanto quanto abstratos e não ajudam muito ao se analisar a atividade. Ao estudar uma atividade, trabalha-se com uma atividade específica. Assim, tem-se que a característica principal que distingue uma atividade de outra é seu objetivo. O conceito de atividade está necessariamente conectado com o conceito de motivação. Não pode haver uma atividade sem um motivo.

A macro-estrutura da atividade humana, segundo Leontiev (1981), tem como unidades principais:

- Atividades particulares que têm nos motivos vigorosos seu principal aspecto;
- Ações que são processos subordinados a metas conscientes;
- Operações que dependem diretamente das condições sob as quais uma meta concreta é atendida.

A *atividade*, que é essencialmente social, no seu primeiro estágio está associada a um motivo e a um objetivo. A *ação*, um componente básico de uma atividade, é essencialmente cognitiva e está associada a metas e produtos. A *operação*, que é o modo de realização da ação, corresponde às condições concretas de realização da ação e esta é a forma externa da atividade (o que se pode observar) (Griffin, Balieva e Soldatova, 1992: 277).

Para realizar a atividade precisa-se executar uma ação. A atividade humana só existe na forma de uma ação ou de uma cadeia de ações. Esta ação relaciona-se com o objetivo que se quer alcançar ao realizar esta ação, e esta está relacionada ao motivo que desencadeou a atividade.

A ação é realizada no nível consciente do sujeito, pode-se ter diferentes ações para se chegar ao mesmo objetivo. Quando uma ação passa para o nível inconsciente do sujeito ela torna-se uma operação. Para uma ação tornar-se uma operação há necessidade de haver condições objetivas de realizar a ação. Assim, pode-se afirmar que a ação está relacionada com a meta (o objetivo) que se quer alcançar. A operação relaciona-se com as condições objetivas de realização da ação.

Ações e operações têm origens diferentes, dinâmicas diferentes e destinos diferentes. Suas diferenças são especialmente detectadas ao analisar uma ferramenta que cristaliza a idéia de operação. A origem de uma ação é encontrada na relação entre atividades. A operação é o resultado da transformação de uma ação, que passa do plano consciente para o inconsciente, tornando-se automática. A tendência da ação é tornar-se uma operação e esta, por sua vez, tende a tornar-se uma função de uma máquina. É importante notar que uma ação transformada em operação pode tornar-se novamente uma ação quando as condições objetivas de realização mudarem. Existe uma relação flexível entre ação e operação.

Estas unidades estão intimamente relacionadas e é precisamente a análise destas conexões internas e sistemáticas que se realiza ao se investigar uma atividade. Sem esta perspectiva, o simples discernimento entre o que é uma ação ou operação é impossível de ser feito. Além disso, uma atividade é caracterizada por seu aspecto dinâmico. Uma atividade pode perder sua motivação inicial e tornar-se uma ação de outra atividade. Uma operação, como já observado, pode tornar-se uma ação e até mesmo, tornar-se uma atividade, desde que encontre seu próprio motivo.

3.2.3 O computador como mediador da relação educacional

Para compreender totalmente uma atividade, Cole e Engeström, seguindo Leontiev, sugerem que se deva entender como os artefatos a mediam no contexto cultural em que está inserida. Cole e Engeström, da mesma forma que Leontiev, mostram que, na atividade, os artefatos (ferramentas e sistemas de símbolos) são mediadores entre o indivíduo (sujeito da atividade) e os objetivos individuais (o objeto da atividade).

Além disso, eles estendem a análise da atividade mostrando que uma atividade individual não é isolada, mas se insere no contexto de uma comunidade, o que significa que a atividade é afetada pela participação do indivíduo nesta comunidade. A relação entre o sujeito e a comunidade é mediada pelas regras e pela coleção de ferramentas desta comunidade. Por outro lado, a relação da comunidade com o objetivo da atividade é mediada pela divisão do trabalho: ou seja, do papel de cada indivíduo da comunidade na realização da atividade. Esta relação ocorre para que seja possível a uma comunidade ter um objetivo comum. Isto requer que os objetivos individuais estejam organizados e os momentos da comunicação coordenados, formando juntos um conjunto que permitirá a obtenção do objetivo comum.

Cole e Engeström demonstraram, de forma bastante clara, que para o indivíduo sua ação em relação ao objetivo da atividade será afetado por três fatores:

- Ferramentas (instrumentos, signos, linguagens) utilizadas pela comunidade;
- Regras e práticas aceitas pela comunidade;
- Divisão do trabalho na comunidade (as posições definidas pelo processo social de produção).

Além disso, pela natureza dialética da mediação, as ferramentas, regras e a divisão do trabalho desta comunidade afetarão o processo mental de cada indivíduo.

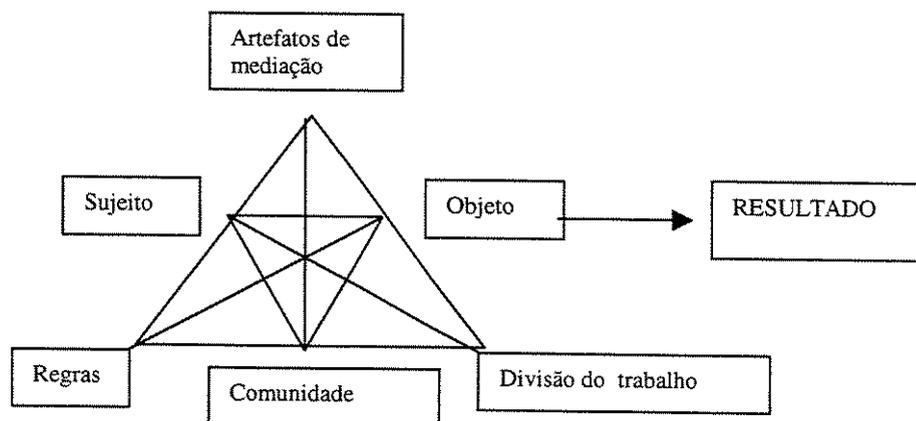


Fig 3a. - Análise da atividade segundo Cole e Engeström (retirada de Bellamy ,1996:124)

Segundo Bellamy (1996), a introdução de novas ferramentas influencia, sob o ponto de vista da atividade, os tipos de processos sociais e individuais desenvolvidos na atividade. Da mesma forma, a existência de um processo social na qual a atividade se desenvolve e os processos mentais dos que realizam a atividade, afetará a forma como o novo artefato será utilizado.

A partir das idéias de Cole e Engeström, que são uma extensão da Teoria da Atividade, Bellamy (1996) propôs uma estrutura que permitiria a compreensão de como as novas tecnologias poderiam provocar mudanças educacionais no ensino Fundamental e Médio.

O processo educacional nestes dois segmentos, segundo o esquema baseado na Teoria da Atividade, envolveria :

1. Uma comunidade formada por professores, pais, alunos e administração. Esta comunidade possui regras, tanto explícitas quanto implícitas, que

governam os indivíduos no ambiente escolar. Entre estas regras estariam: o horário das aulas, o comportamento dos alunos e professores, etc;

2. A divisão do trabalho que reflete os diferentes papéis dos indivíduos na atividade educacional: os administradores que tratam das questões orçamentárias da escola e de questões mais gerais de organização do espaço escolar, etc. ; os professores, que atuam com os alunos na sala de aula, etc. Por outro lado, estes papéis também refletem as responsabilidades dos indivíduos com a comunidade;
3. O objetivo do sistema educacional, que é a aprendizagem;
4. As ferramentas (livros, caneta, papel, rádio, televisão, e mais recentemente, pelo computador) mediadoras do processo;
5. O resultado final desta atividade: o aprendizado gerado por este sistema.

Segundo Cole e Engeström, para verificar se a tecnologia é um catalisador de mudanças educacionais deve-se analisá-la não apenas como uma ferramenta individual, mas dentro do complexo da atividade educacional descrito anteriormente (comunidade, indivíduos, objetivos, ferramentas, resultado). O efeito de uma nova tecnologia na educação será determinado tanto pela tecnologia utilizada pelos indivíduos para alcançar seus objetivos como pela existência daquelas ferramentas e estruturas da comunidade. A tecnologia e sua utilização, por si só, não são suficientes para determinar sua importância no meio educacional. O contexto e os participantes deste cenário são fatores fundamentais para que a tecnologia seja efetivamente um fator importante no processo educacional.

3.2.4 A Teoria da Atividade e a Interação Humano-Computador

O estudo da interação humano-computador é uma área interdisciplinar de pesquisa aplicada de “*designs*” que tem por objetivo a criação de interfaces que possibilitem uma interação maior entre usuário e computador.

Para que avanços significativos ocorram na área de IHC, segundo Nardi (1996), é necessário que o *contexto* seja um ponto fundamental a ser considerado ao se analisar a IHC.

A Teoria da Atividade é apresentada, pelos estudiosos da área, como a estrutura teórica capaz de dar conta da dimensão do contexto. É importante observar que a Teoria da Atividade não descarta o Processamento da Informação; ao contrário, amplia as possibilidades de pesquisa na área, possibilitando a incorporação da dimensão do contexto, ampliando assim a visão sobre a utilização do computador, que agora passa a ser considerado como um *órgão funcional da mente* (Tikhomirov, 1981).

Esta idéia está em consonância com o entendimento de que a Teoria da Atividade é também um tipo especial de artefato. Segundo Kaptelinin(1996), aceitando-se a abordagem da Teoria da Atividade, não se pode descartar outras perspectivas e rejeitar outros esquemas conceituais que possam ser úteis. No entanto, este autor deixa claro que a posição conceitual da Teoria da Atividade é radicalmente diferente da abordagem cognitiva. Para a Teoria da Atividade homem e computador têm *status* diferenciados, e a relação entre estes se traduz na relação entre os agentes e as ferramentas. E esta não é uma relação entre iguais, simétrica, tal como pressupõe a abordagem cognitivista.

Tanto na abordagem cognitivista quanto na da Teoria da Atividade, a interação humano-computador é representada numa estrutura hierarquizada de vários níveis. No entanto, o significado da disposição hierárquica é diferente para as duas teorias. Para a abordagem cognitivista, a tarefa maior da teoria é desenvolver um esquema conceitual que possa descrever coordenadamente os

diversos níveis de processamento da informação, tanto nos seres humanos quanto no computador. Para a Teoria da Atividade, a organização hierárquica da interação humano-computador é determinada pelo seu *envolvimento na estrutura hierárquica da atividade humana* que media a interação do usuário com a realidade (Kaptelinin, 1996: 47).

Outra diferença significativa entre a abordagem cognitivista e a Teoria da Atividade se refere à forma como cada uma considera o computador. Para o Processamento da Informação ele seria a metáfora da nossa forma de pensar⁴. Já a Teoria da Atividade considera-o como um tipo especial de ferramenta que media a interação humana com o mundo. Significações e atividades com objetivos direcionados constituem, para a Teoria da Atividade, o contexto em que ocorre a interação humano-computador.

A Teoria da Atividade responde à questão de como o computador pode ser considerado uma ferramenta de mediação, através do conceito de “órgão funcional”. Nesta abordagem, o computador eleva e complementa a habilidade humana de construir sistemas eficientes, integrando-se à atividade interna do pensamento humano.

A perspectiva de *ferramenta de mediação* traz para a área de interação humano-computador a dimensão da cultura. A ferramenta de mediação é, também, uma forma de se transmitir conhecimento cultural. Ferramentas e formas culturalmente desenvolvidas para sua utilização modelam a atividade externa do indivíduo e, através do processo de internalização, influenciam a natureza dos seus processos mentais (Kaptelinin, 1996). A partir desta visão pode-se considerar a interação humano-computador não apenas como algo que ocorre entre um indivíduo e a máquina, mas também como uma relação que pode ocorrer entre grupos que têm o mesmo objetivo e o computador.

A presença do computador como um novo sistema de sinais mediadores da atividade humana expande a visão atual de como ocorre o pensamento e,

talvez, como observou Tikhomirov(1981), um desafio para a Psicologia seja compreender como este processo ocorre.

Tikhomirov (1981), ao procurar responder como o computador afeta a atividade mental humana e como ocorre este processo, apresenta três teorias que procurariam dar esta resposta. Em primeiro lugar, segundo este autor, tem-se a *Teoria da Substituição*, baseada em programas heurísticos, onde o computador é apresentado como um substituto do homem em todas as esferas do trabalho intelectual. Os programas heurísticos (programas de tomada de decisão) podem, segundo esta visão, reproduzir o pensamento criativo humano. No entanto, com base em resultados de experiências coletadas em laboratório, Tikhomirov afirmou que a idéia de substituição não expressa as relações reais entre o pensamento humano e o funcionamento do computador. Apesar do resultado na solução de um dado problema ser o mesmo, a forma de resolver do ser humano difere da forma de resolução do computador.

A segunda teoria apresentada no artigo de Tikhomirov(1981) é a *Teoria da Suplementação*, que estaria fundamentada no Processamento da Informação. A partir dos conceitos de informação (sistema de sinais ou símbolos), processamento da informação (vários tipos de processamento destes símbolos de acordo com regras, e modelo de informação) a informação sobre o problema representado na memória do sistema que soluciona os problemas, esta teoria considera que o conjunto de regras para o Processamento da Informação tem por base o comportamento humano na solução do problema. Com isto, pode-se dizer que os computadores suplementam o pensamento humano no processamento da informação, ou seja, no volume de dados a serem processados e na rapidez em que isto ocorre. O ser humano e o computador nesta abordagem poderiam ser representados como duas partes capazes de formar um todo.

Tikhomirov (1981) argumentou que há necessidade de se criar uma distinção qualitativa entre a atividade mental e o processamento da informação.

⁴ Ver esquema página 49

Ao falar sobre o pensamento, necessariamente se discute a solução de problemas, porém a formulação e a obtenção de objetivos também fazem parte das manifestações da atividade de pensamento. Estas duas manifestações, no entanto, não podem ser modeladas através de programas computacionais. A terceira teoria discutida por Tikhomirov (1981) é a *Teoria da Reorganização*, que, segundo ele, refletiria os reais fatos do desenvolvimento histórico da atividade humana. Esta teoria está fundamentada na abordagem Sócio-Histórica da Psicologia Soviética, que tem em Vygotsky seu principal expoente. O computador, nesta abordagem, é visto como uma ferramenta, e esta, por sua vez, é o componente mais importante da atividade humana. A ação humana, vista como uma ferramenta, implica na combinação da atividade com a criatividade adaptativa própria do ser humano. Assim, sob este prisma, o computador pode ser visto como um *órgão funcional* da mente humana, que reorganiza a atividade do homem, modificando a natureza e, através desta modificação externa, também produz alterações internas, a partir da internalização dos processos cognitivos superiores modificados por esta atividade.

As idéias discutidas acima permitiram que se considerasse como uma categoria para análise do processo pedagógico de utilização do software em questão, qual o *tipo de contexto educacional* este software possibilita ser desenvolvido numa situação de sala de aula. Na análise dos dados obtidos durante o processo de utilização do DWB, procurou-se verificar se o software DWB privilegiava a criação de ambientes de aprendizagem colaborativa.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DE UM SOFTWARE EDUCACIONAL

O objetivo principal desta pesquisa foi fazer a análise do processo pedagógico de utilização do software *Designer's Workbench*®, por alunos do Ensino Médio. No entanto, para realizar esta análise se considerou importante discutir o que significa avaliar um software educacional. O objetivo deste capítulo é destacar alguns critérios de avaliação de um software educacional, existentes na literatura sobre o assunto e que posteriormente foram utilizados na categorização dos dados obtidos. A avaliação pedagógica de um software educacional proposta nesta pesquisa tem uma abordagem voltada à utilização do software em estudo pelo professor e pelos alunos, numa situação próxima ao contexto da sala de aula. A partir da experiência de utilização do *Designer's Workbench*® se obteve elementos que permitiram analisar o software segundo o que Oliveira, Costa e Moreira (2001) classificaram de avaliação *formativa* de um software educacional.

4.1 As teorias de aprendizagem e a escolha de um software educacional

Segundo Campos e Campos (2001), o software educacional deve ser escolhido e elaborado de acordo com as teorias de aprendizagem que diferenciam cada ambiente educacional. Um software educacional pode, primeiramente, ser classificado em *software aberto* ou *software fechado*.

O tipo mais freqüente de utilização de um software é aquele em que o computador é um *tutor*, no sentido de que o mesmo “ensina” ao aluno o conteúdo que possui e o conduz numa série de exercícios sobre este conteúdo. Este é o exemplo clássico de um *software fechado*.

Segundo Levacov (1987),

“para funcionar como tutor o computador deve ser programado por especialistas na área específica a ser ensinada e o aluno é “tutorado” pelo computador que está executando aquele programa.” (Levacov, 1987: 55)

O aluno utiliza o computador, neste caso, sobretudo para a memorização. A cada etapa vencida, o computador emite sons ou imagens de aprovação, enquanto que a cada erro que comete há uma reação de desaprovação e desapontamento, refletida também através de sons e ou imagens.

A abordagem pedagógica onde o aluno recebe informações prontas e não tem o domínio do seu processo de aprendizagem é a principal usuária do software fechado, e tende, a princípio, a reproduzir um modo tradicional de ensino.

O *software aberto* inverte a relação aluno-computador presente no software fechado. No software aberto o computador é o “tutelado”, enquanto que o aluno é aquele que “ensina” a máquina. Este tipo de software permite que se crie ambientes educacionais exploratórios, onde o aluno é o principal agente do seu processo de aprendizagem e o professor tem o papel fundamental de colocar informações e questões que possibilitarão seu desenvolvimento cognitivo. Estão nesta categoria as linguagens de programação, que, no caso específico da educação, tem como exemplo clássico a *Linguagem Logo*. Também podem ser colocados nesta categoria aqueles softwares que têm a característica de

ferramenta, como os processadores de texto e as planilhas eletrônicas, entre outros.

Desta primeira classificação pode-se inferir que o tipo de software que se utiliza nos ambientes educacionais reflete a concepção de ensino-aprendizagem que a escola adota para desenvolver seu trabalho.

Utilizando-se uma classificação mais recente, ligada ao conceito de interatividade, Campos e Campos (2001) observam:

“... temos ambientes educacionais mais ou menos interativos, que exigem maior ou menor grau de participação dos aprendizes e um controle maior ou menor do aluno no processo de construção do conhecimento” (Campos e Campos, 2001: 125).

As autoras observam também que:

“um critério que vem sendo utilizado na literatura especializada para classificar os tipos de softwares educacionais é o grau de iniciativa que o mesmo permite ao aluno ou o grau de direcionamento conferido a ele.” (Campos e Campos, 2001: 126).

Assim, Campos e Campos (2001) apresentam a seguinte classificação de um software educacional:

- *De alta interatividade:* que permite a descoberta imprevista e a descoberta de exploração livre;
- *De média interatividade:* que permite a descoberta guiada;
- *De baixa interatividade:* que privilegia a aprendizagem de recepção direcionada, a exposição indutiva e a exposição dedutiva.

4.2 Critérios de avaliação de um software educacional

Um segundo aspecto a ser considerado ao se avaliar um software educacional, refere-se ao tipo de ambiente educacional por ele proporcionado. Segundo Campos, Rocha e Campos (1999),

“... as teorias de aprendizagem refletem visões profundamente diferentes sobre como ocorre a aprendizagem e estas visões têm impacto nos softwares educacionais” (Campos, Rocha e Campos, 1999: 43)

Portanto, a avaliação de um software educacional deve considerar diversos aspectos. Segundo Campos, Rocha & Campos,

“A qualidade de um software educacional é uma área que por definição traz diretrizes, padrões de uso e atributos para ajudar no direcionamento do uso da informática educativa nas instituições escolares.” (Campos, Rocha & Campos, 1999: 41)

Sendo assim, as autoras destacam a importância de se considerar, na avaliação de softwares educacionais, os atributos, as características e os padrões de avaliação já validados, que possam gerar mudanças no emprego de recursos tecnológicos na educação.

As autoras ainda apresentam um protocolo de avaliação de um software educacional, baseado na literatura técnica existente e na sua experiência na área de Informática Educativa. Segundo elas, este protocolo foi validado num processo que envolveu as etapas de:

“1. Seleção do conjunto inicial de atributos de qualidade específicos para software educacional elaborado por especialistas em Engenharia

de Software e Informática Educativa a partir da literatura existente, trabalhos anteriores do grupo e análise dos produtos disponíveis comercialmente”;

“2. Adequação dos atributos de qualidade levantados às Normas NBR 13596 e ao modelo Rocha Estendido (Belchior, 1997)”;

“3. Validação dos atributos por 30 especialistas da área. A seleção dos especialistas levou em consideração o perfil dos usuários da área, incluindo aqueles que usam software educacional (notadamente professores, coordenadores de informática educativa e profissional que atuam nos laboratórios de Informática Educativa).” (Campos, Rocha & Campos, 1999: 43).

A partir destes critérios, as autoras validaram um conjunto de características e sub-características de análise da qualidade de um software educacional, que será transcrito a seguir. Estas características e sub-características são específicas da avaliação de softwares sob o ponto de vista pedagógico. A Norma ISO/IEC 9126:1991 aponta seis características de qualidade a serem consideradas na avaliação de um software :

- *“**funcionalidade:** conjunto de atributos que evidenciam a existência de um conjunto de funções e suas propriedades especificadas (...)”;*
- *“**confiabilidade:** conjunto de atributos que evidenciam a capacidade do software de manter o seu nível (...)”;*
- *“**usabilidade:** conjunto de atributos que evidenciam o esforço necessário para se poder utilizar o software, bem como o julgamento individual deste uso, por um conjunto explícito ou implícito de usuários (...)”;*
- *“**eficiência:** conjunto de atributos que evidenciam o relacionamento entre o nível de desempenho do software e a quantidade de recursos usados, sob condições estabelecidas (...)”;*

- ***“manutenibilidade:*** conjunto de atributos que evidenciam o esforço necessário para fazer modificações especificadas no software (...);
- ***“portabilidade:*** conjunto de atributos que evidenciam a capacidade do software ser transferido de um ambiente para outro(...).” (Campos, Rocha e Campos ,1999: 46)

A seguir, foi transcrito um quadro apresentado por Campos, Rocha & Campos (1999:44), que apresenta características e sub-características confirmadas no processo de validação dos atributos de qualidade do software educacional. Segundo as autoras, estas são características mínimas, que devem ser consideradas ao se avaliar um software educacional.

**CARACTERÍSTICAS E SUBCARACTERÍSTICAS CONFIRMADAS NO
PROCESSO DE VALIDAÇÃO DOS ATRIBUTOS DE QUALIDADE DO
SOFTWARE EDUCACIONAL**

Características	Sub-características	
<ul style="list-style-type: none"> pedagógicas 	<ul style="list-style-type: none"> ambiente educacional pertinência ao currículo aspectos didáticos 	clareza dos conteúdos correção dos conteúdos recursos motivacionais carga informacional tratamento de erros
<ul style="list-style-type: none"> facilidade de uso 	<ul style="list-style-type: none"> facilidade de aprendizado facilidade de memorização robustez 	
<ul style="list-style-type: none"> características da interface 	<ul style="list-style-type: none"> condução afetividade consistência significados dos ícones, mensagens e denominações gestão de erros 	presteza localização <i>feedback</i> imediato legibilidade proteção contra erros qualidade das mensagens de erro correção dos erros reversão fácil das ações
<ul style="list-style-type: none"> adaptabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> customização adequação ao ambiente 	
<ul style="list-style-type: none"> documentação 	<ul style="list-style-type: none"> help on line documentação do usuário 	
<ul style="list-style-type: none"> portabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> adequação tecnológica adequação aos recursos da escola 	
<ul style="list-style-type: none"> retorno do investimento 	<ul style="list-style-type: none"> preço compatível taxa de retorno 	

No livro de Oliveira, Costa e Moreira (2001) são encontrados critérios de avaliação de um software educacional que, segundo os autores, foram selecionados com base nas idéias expostas em listas de critérios de avaliação de software disponíveis na Internet, além daqueles apresentados por pesquisadores da área em seus trabalhos. Estes critérios foram classificados em quatro categorias: *interação aluno — software educacional — professor*, *fundamentação pedagógica*, *conteúdo* e *programação* (Oliveira, Costa e Moreira, 2001: 126).

Os diversos critérios selecionados são apresentados segundo estas categorias. Na primeira categoria, que corresponde a *interação aluno – software educacional – professor*, tem-se os seguintes critérios:

- facilidade de uso;
- recursos motivacionais;
- adequação das atividades pedagógicas
- adequação dos recursos de mídia às atividades pedagógicas;
- interatividade social;
- favorecimento do papel de facilitador do professor.

Na segunda categoria apresentada pelos autores, qual seja, *fundamentação pedagógica*, encontra-se o seguinte critério:

- clareza epistemológica: explicitação dos fundamentos pedagógicos que embasam o software educativo e consistência pedagógica.

A terceira categoria corresponde ao *conteúdo* e abrange os itens:

- pertinência de conteúdo;
- correção de conteúdo;

- estado da arte;
- adequação à situação de aprendizagem;
- variedade de abordagens;
- conhecimentos prévios.

A quarta categoria correspondente à *programação* abrange os itens de:

- confiabilidade conceitual;
- facilidade de uso .

Alguns critérios apresentados por Oliveira, Costa e Moreira (2001) estão baseados na classificação de Campos, Rocha e Campos (1999) apresentada anteriormente. No entanto, entende-se que para a análise de um software educacional deve-se considerar o *contexto cognitivo* da aprendizagem como uma das categorias fundamentais. Os aspectos de *colaboração, comunicação e solução de problemas*, incorporados ao trabalho de Oliveira, Costa e Moreira, na primeira categoria apresentada, são imprescindíveis quando a preocupação ao analisar um software é de natureza pedagógica.

Nesta pesquisa o enfoque não foi a avaliação do software Designer's Workbench© seguindo estas classificações ou critérios já estabelecidos, mas a análise do processo pedagógico de sua utilização que, de uma certa forma, também possibilitou a avaliação de sua viabilidade como ferramenta educacional. Sendo assim, foram considerados mais pertinentes como critérios de análise deste processo os constructos teóricos da Teoria da Atividade e da Psicologia Sócio-Histórica. Na procura por autores que utilizassem esta abordagem teórica, foi encontrado o artigo "*Socio-Historical concepts applied to observations computer use*" de Griffin, Belyaeva & Soldatova (1992). Neste trabalho foi feito o relato de uma pesquisa que utilizou conceitos da teoria Sócio-Histórica para fundamentar as observações da interação entre crianças e o computador através de um software.

A partir da discussão teórica desenvolvida no artigo, as autoras observam que a perspectiva sócio-histórica oferece vários pontos iniciais de pesquisa sobre o uso do computador na escola fundamental. Segundo as autoras, as investigações sobre a relação entre pensamento e uso de computadores poderiam seguir o modelo de Vygotsky para estudar a relação entre pensamento e fala. A visão de como as crianças incorporam o uso do computador, como um instrumento cultural, poderia seguir os passos da pesquisa de Luria sobre escrita. E um estudo sobre as práticas sociais, que são encontradas ao se usar o computador, poderia ser construído na linha de Teoria da Atividade de Leontiev.

A partir da observação concreta do uso de um software^{4a} por crianças entre 7 a 13 anos, as autoras procuraram descrever aspectos da aprendizagem que ocorrem em situações de comunicação entre os alunos no processo de utilização do software, utilizando os conceitos de *zona de desenvolvimento proximal*, *cooperação entre os alunos*, *meios auxiliares de representação*, e *re-análise*. Com isso, procuraram contribuir na discussão sobre a relação entre as teorias gerais de aprendizagem e as situações concretas de aprendizagem com computador.

As autoras procuraram planejar atividades para seu estudo em que a realização de tarefas de forma cooperativa pudesse fazer emergir situações na *zona de desenvolvimento proximal* das crianças. Além disso, outra preocupação era obter informações do primeiro contato com a tarefa, o que, segundo elas, embora em alguns paradigmas teóricos possa parecer um momento exploratório ou um processo de treinamento, na análise Sócio-Histórica é essencial.

No trabalho de Oliveira, Costa & Moreira (2001) são encontradas outras idéias, além das já discutidas, sobre a avaliação de um software educacional. Segundo estes autores a avaliação de um software educacional é um processo que se inicia antes mesmo de sua criação. O perfil do grupo que irá desenvolver o software já é um dos parâmetros para a avaliação inicial do produto. Assim

alertam para a importância destas equipes incluírem especialistas na área de educação, para que a qualidade pedagógica do software não fique comprometida por olhares exclusivamente técnicos.

Oliveira, Costa & Moreira (2001) observam também que a avaliação do software educacional deve acompanhar todo o seu desenvolvimento e não deve ficar restrita a um grupo de técnicos no assunto. Segundo estes autores,

“o avaliador final (do software educacional) é o usuário, e nesse grupo estão os alunos, os professores e a equipe mantenedora do software. No caso de o usuário ser o sistema educacional, seria interessante que o software passasse por comissões avaliadoras. (...). Vale a pena ressaltar que estas comissões devem ser constituídas por educadores e especialistas capazes de, num esforço multidisciplinar, avaliar a possibilidade efetiva de contribuição do produto para a prática pedagógica. É importante destacar ainda que a participação de estudantes nessas comissões, com seu olhar de usuário, pode vir a ser um termômetro da aceitação do software educacional pelo seu público-alvo” (Oliveira, Costa & Moreira, 2001: 120)

Estes autores também classificam a avaliação de um software educacional como *objetiva* e *formativa*. A avaliação *objetiva* é realizada por uma equipe multidisciplinar especializada no assunto que utiliza lista de critérios elaborada por diferentes pesquisadores. A avaliação *formativa* é realizada pelos usuários do software no processo de utilização do mesmo.

“A avaliação formativa compõe-se, entre outros recursos, de entrevistas, questionários, acompanhamento de perto do desempenho dos usuários durante a utilização do software. (...) Por conseguinte,

^{4a} O software utilizado na pesquisa foi o *The Pond*.

esse tipo de avaliação é um processo que acompanha a utilização do software educacional em um ambiente real de aprendizagem, em que os alunos interagem com seu objeto de conhecimento, no intuito de serem levados à compreensão de um conteúdo inerente ao currículo escolar” (Oliveira, Costa & Moreira, 2001: 121).

Na pesquisa realizada para analisar o processo pedagógico de utilização do software *Designer’s Workbench*© , este caráter de avaliação formativa foi o foco principal. Os dados foram coletados numa situação próxima da situação real de sala de aula, procurando, a partir do desenvolvimento de conteúdos matemáticos utilizando o *Designer’s Workbench*©, avaliar o software enquanto ferramenta educacional.

Estas visões sobre como avaliar um software educacional, apontam para a importância de se delimitar qual preocupação fundamental irá orientar a análise. Se a preocupação estiver centrada exclusivamente no software, sem considerar o contexto de sala de aula e as relações que ocorrem neste contexto, a abordagem de uma *avaliação objetiva* talvez seja a mais apropriada e os protocolos já validados por diversos pesquisadores da área seja o mais indicado. No entanto, se o processo pedagógico de utilização do software for o foco principal de análise, a chamada *avaliação formativa* talvez seja a abordagem mais abrangente e significativa. Os conceitos Sócio-Históricos e em especial a Teoria da Atividade podem trazer um novo olhar neste tipo de avaliação, especialmente quando a prática social ligada à cooperação entre os sujeitos for uma das preocupações da pesquisa envolvendo determinado software educacional.

CAPÍTULO 5

O SOFTWARE *DESIGNER'S WORKBENCH*©

O software *Designer's Workbench*© é resultado do trabalho desenvolvido pelo professor doutor Claudio Z. Mammana, do Departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Este software não foi criado com intenções pedagógicas; no entanto, a forma como seu autor o projetou permite que seja utilizado como ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem. Especialmente no Ensino Médio pode ser usado como uma ferramenta auxiliar no desenvolvimento de conteúdos básicos como *geometria analítica, números complexos, geometria plana e simetria*. O *Designer's Workbench*© é um editor de desenhos geométricos de precisão que permite ao usuário utilizar a parametrização, a representação de transformações geométricas e a possibilidade de inserção independente de figuras de biblioteca.

Segundo Mammana (1999), seu trabalho procurou propor uma notação própria que permitisse ao desenhista se comunicar com o computador através de uma linguagem que

"Cuida das leis que regem a disposição destes traços nos elementos gráficos destes, no desenho, como a gramática o faz com a disposição das palavras na frase ou das frases no discurso." (Mammana, 1999: XV)

O autor do software considerou que os princípios e técnicas para desenhar por meio do computador são diferentes daqueles seguidos e usados pelos

desenhistas, quando estes utilizam a régua, o compasso ou outros instrumentos mecânicos para realizar o desenho. Estes instrumentos são essencialmente geométricos ou cinemáticos. Já os computadores são máquinas numéricas e algébricas que não lidam, como observou Mammana (1999), com traços ou formas, mas com símbolos. Assim, para o autor do software, se quisermos que o computador desenhe para nós, é preciso adaptar os princípios e técnicas do desenho convencional aos princípios de funcionamento dos computadores. No desenho geométrico, por meio do computador, a Geometria deve dar espaço à Álgebra (Mammana, 1999).

Em outras palavras, o software *Designer's Workbench*® está baseado na Álgebra e no Cálculo, e foi projetado para gerar desenhos geométricos complexos e precisos como logotipos. Como o próprio autor esclarece, um desenho feito com o auxílio do DWB pode ser visto como uma *composição* cujas *componentes* podem ser objetos simples (um ponto do plano ou um traço de uma curva) como complexos (um caractere tipográfico ou outras composições realizadas com o auxílio do DWB). Qualquer desenho produzido por este software parte da definição de alguns pontos no plano. Utilizando as palavras do autor do *Designer's Workbench*® :

"os pontos são os componentes invisíveis de uma composição e servem como "andaimes" para a sua construção, usados como referência e apoio para a localização exata de outros pontos ou para o correto alinhamento dos demais componentes do desenho."

(Mammana, 2001: 3)

A todo ponto definido pelo *Designer's Workbench*®, se associa um nome, dado por uma letra maiúscula do alfabeto romano. Um ponto pode ser *arbitrário* ou *derivado*. *Ponto arbitrário* é aquele cuja posição na área de desenho pode ser definido ou modificado livremente pelo desenhista. Tendo estes pontos como

referência, podem-se gerar outros a partir de variáveis e cálculos numéricos, que são os *pontos derivados*. Após o cálculo das coordenadas destes pontos derivados, suas posições passam a ser exatas.

A localização de pontos no plano é um dos principais problemas da Geometria, razão pela qual o autor incluiu neste software uma *Galeria dos Pontos* onde estão selecionados uma coleção de problemas geométricos clássicos já resolvidos, como a interseção de duas retas, a localização do baricentro, entre outros.

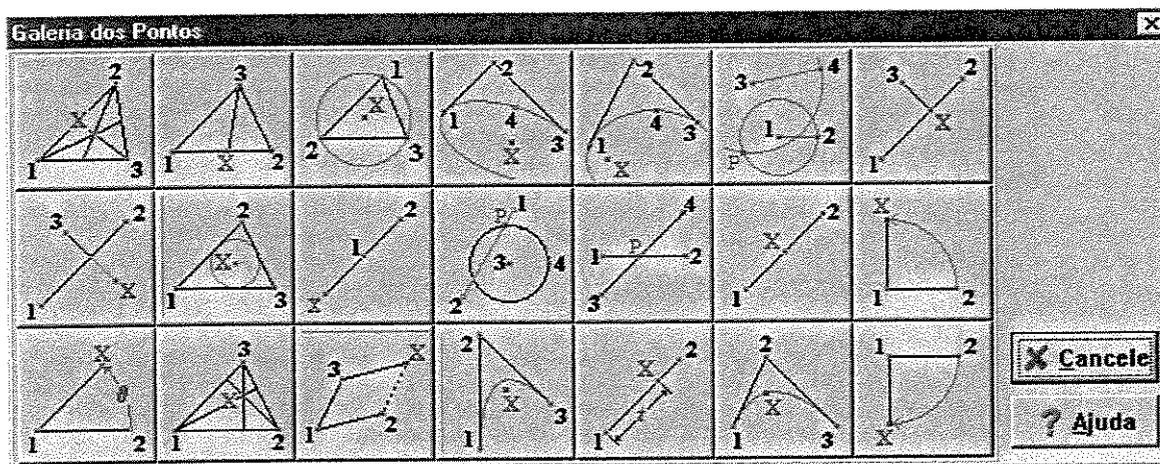


Fig. 4 – Galeria dos Pontos do *Designer's Workbench*©

Outro elemento básico do *Designer's Workbench*© é o traço. Os traços são os componentes visíveis de uma composição. No *Designer's Workbench*© os traços são representados por curvas geométricas (segmentos de retas, arcos de círculo, elipses, parábolas) que são criadas a partir dos pontos de referência (arbitrário ou derivado). Além destas formas, o software implementa a *rota*, como uma outra maneira de se criar um traço.

A idéia da *rota* foi inspirada no passatempo conhecido como *liga – pontos*. A diferença que ao invés de identificar o ponto através de um número, no *Designer's Workbench*®, este é identificado, como já observado por uma letra maiúscula do nosso alfabeto.

Uma rota além do nome dos pontos que a compõem também possui alguns caracteres modificadores que permitem a geração de linhas poligonais desconexas, ramificações, curvas ou pontos de osculação.

O *Designer's Workbench*® possui ainda uma *Galeria das Curvas* (fig. 5), formada por um conjunto de botões ilustrados onde se encontram representadas graficamente as instruções para o seu traçado. Encontra-se na *Galeria das Curvas*, os botões para o traçado de:

- Segmentos de reta;
- Arcos de círculo;
- Arcos de elipse;
- Arcos de hipérbole;
- Arcos de parábola;
- Curvas de Bézier^{4b}.

^{4b} Para maiores detalhes sobre curvas de Bézier ver MAMMANA, C. Z. (1999). *A sintaxe do desenho*, Tese de Livre Docência, Departamento de Física Nuclear, Instituto de Física, USP.

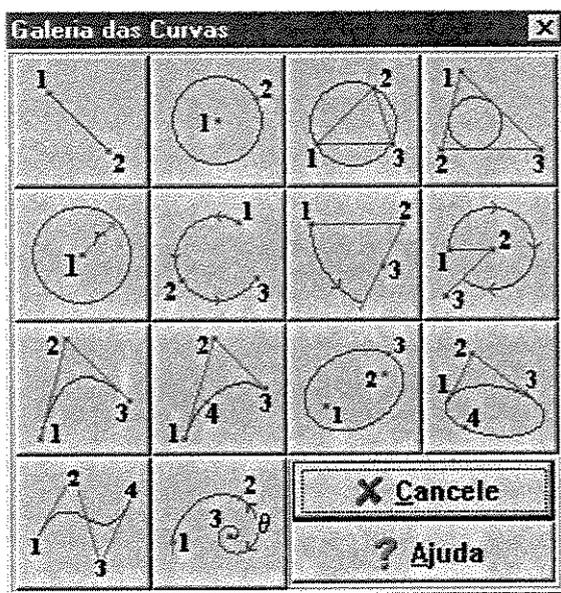


Fig. 5 - Galeria das Curvas do *Designer's Workbench*©

Segundo Mammana (1999), pode-se obter facilmente a reprodução e a composição de desenhos previamente criados, tanto em sua forma original quanto em formas modificadas, por meio de *transformações geométricas*. As funções primitivas do software *Designer's Workbench*© permitem a geração de padrões rítmicos (lineares, circulares ou planos) sujeitos a uma variedade de regras de simetria. Em suma, este software permite a criação de desenhos complexos baseados numa variedade de técnicas baseadas em *teorias matemáticas*.

As teorias matemáticas (teoria dos números complexos, da geometria analítica, teoria de grupos, teoria das transformações geométricas e a teoria dos grupos de simetria) que permitem a geração dos desenhos no software *Designer's Workbench*© são o elo que permitem a utilização do software como ferramenta pedagógica nas aulas de Matemática.

5.1 O Ambiente de Trabalho

As descrições apresentadas neste item estão baseadas no *Manual do Usuário do Designer's Workbench*®, compilado por Mammana (2001). Segundo o autor, o ambiente de trabalho do *Designer's Workbench*® consiste em um painel de instrumentos exibido na tela do computador com o qual o usuário pode interagir para:

- Alojjar pontos arbitrários na área do desenho;
- criar ponto derivado a partir de dados conhecidos;
- especificar segmentos de curvas;
- criar padrões regulares a partir de componentes;
- incluir uma composição previamente construída como componente de uma nova composição;
- modificar, por meio de transformações geométricas, as formas dos componentes de uma figura;
- gerar padrões rítmicos sujeitos a partir de uma variedade de regras de simetria.

5.1.1 Painel de Controle

O painel de controle do *Designer's Workbench*® está dividido nas seguintes seções:

- A área de desenho;
- o teclado virtual;

- o menu;
- a barra de botões;
- o caderno contendo as páginas com pontos, variáveis e inserções.

Para comunicar-se com o computador, o usuário deve ativar estes controles seguindo seqüências determinadas. O computador comunica-se com o usuário através da exibição na tela do monitor de vídeo de mensagens que informam sobre a evolução do processamento, ou de figuras, textos ou ícones que sugerem as ações que o usuário deve realizar.

5.1.2 A área de Desenho

A área de desenho se situa à direita da tela do computador e é formada pela região verde desta tela, onde são exibidas as figuras criadas pelo usuário e traçadas pelo computador. Também nesta área da tela são exibidos ícones que identificam os pontos de referência. Agindo sobre estes pontos, o usuário irá criar ou modificar seu desenho.

Os pontos conhecidos poderão aparecer na tela de desenho na forma de ícones. Há três formas de exibição para a Tela do Desenho:

- “apenas desenho” – não se exhibe na tela nenhuma marca que indique as posições ocupadas pelos pontos; apenas a figura é visível.
- “por ícones” – pequenos prismas, vistos de topo, são exibidos nas posições onde os pontos estão localizados.
- “por nomes” –pequenos retângulos, centrados nos pontos correspondentes, são desenhados na tela. Nesses retângulos estão inscritos seus nomes.

A seguir foi reproduzida a tela do software *Designer's Workbench*®, onde se pode observar a tela verde da área desenho além dos demais elementos que compõe o painel de controles do software.

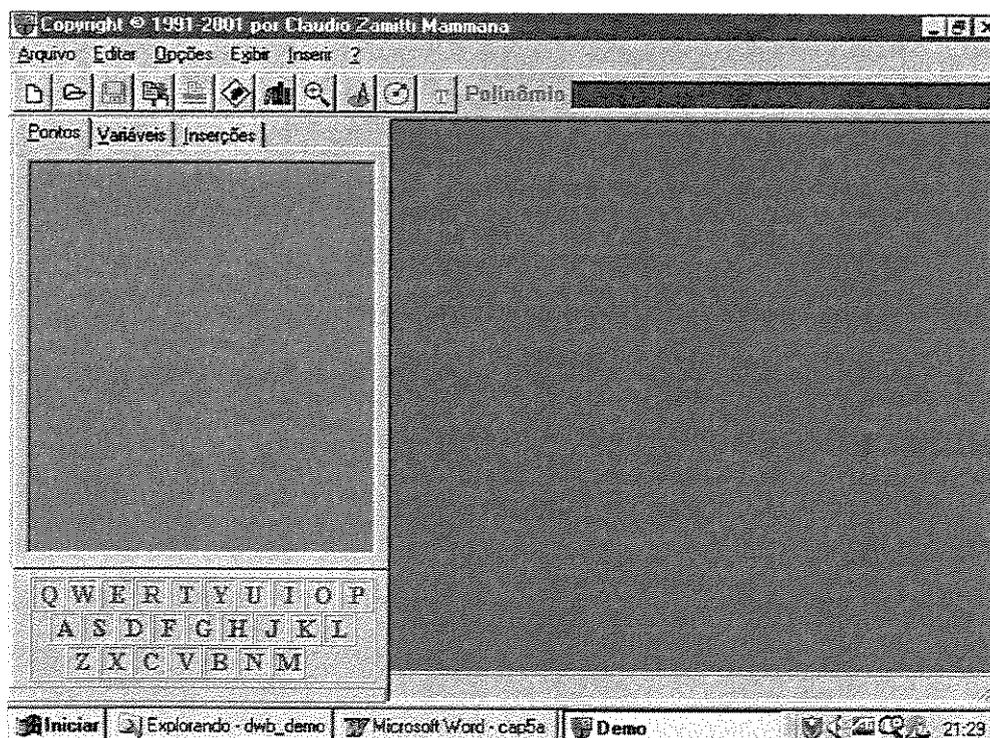


Fig.6 – Tela do *Designer's Workbench*®

5.1.3 Criação de pontos

Os procedimentos para a criação de um ponto dependerão do tipo do ponto, ou seja, se ele é *primitivo* ou *derivado*.

- Pontos primitivos: podem ser criados colocando-se numa posição qualquer da tela de desenho, um nome “arrastado” a partir do *Teclado Virtual*. Este ponto, quando a modalidade *exibir ícones* estiver ativa, é

representado na tela do computador por um prisma de cor azul. Ao ser “sensibilizado” pelo usuário através do botão direito do mouse, ele torna-se verde, indicando que pode ser mudado de posição por ação do mouse.

- Pontos derivados: podem ser criados a partir da *Galeria de Pontos*, ou mediante uma especificação de uma expressão aritmética para as suas coordenadas. Sua representação na tela consiste num prisma vermelho. Estes pontos não podem ser “sensibilizados” a partir do mouse, ou seja, não mudam de posição por ação do mouse.

A cada ponto é associada uma expressão de aritmética complexa^{4c} que são as coordenadas do ponto criado na área do desenho. Após criado um ponto, este pode ser modificado através da *Edição da expressão de um ponto*. Para ter acesso à janela de edição de pontos o usuário deve realizar uma das seguintes operações:

- Mover o cursor do mouse até o teclado virtual sobre o nome do ponto que pretende editar, pressionar o botão direito do mouse para abrir o painel para editar as coordenadas de um ponto.
- Selecionar na página de pontos aquele que deseja modificar, “clitando” duas vezes sobre ele, abrindo assim a edição de pontos.

^{4c} Para maiores detalhes sobre aritmética complexa, ver : MAMMANA, C. Z. (1999). *A sintaxe do desenho*, Tese de Livre Docência, Departamento de Física Nuclear, Instituto de Física, USP.

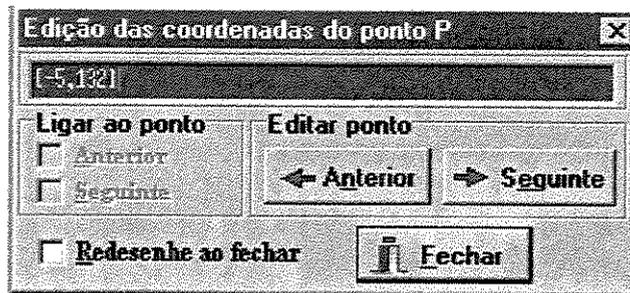


Fig. 7 – Janela de edição da expressão de um ponto no *Designer's Workbench*©

5.1.4 A Rota

Os desenhos produzidos pelo *Designer's Workbench*© são definidos, como afirma Mammana, em termos de uma seqüência de traços produzidos pelo computador na área de desenho da tela. Esta seqüência é definida como um conjunto de caracteres denominado *rota* (fig. 9). Se dois pontos consecutivos de uma rota forem contíguos, o computador fará a ligação entre eles através de um segmento, se existir entre eles um espaço em branco, esta ligação não ocorrerá. Para conectar ou desconectar dois pontos consecutivos numa rota, deve-se inserir ou remover espaços em branco entre eles. A ordem do nome dos pontos na rota é escolhida pelo usuário. O computador fará as ligações na ordem escolhida. Para inserir um novo ponto na rota, mudar o nome de um ponto existente, inserir os modificadores ou eliminar um ponto, utilizamos a *Edição de rota*. Esta janela é acessada a partir do botão do menu do *Designer's Workbench*©. Pode-se primeiramente inserir a rota com os pontos desejados para depois determinar suas coordenadas, ou então realizar a operação inversa, criando primeiramente os pontos e em seguida editando a rota.

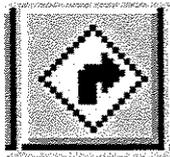


Fig. 8 – Botão de acesso ao Editor de Rota do *Designer's Workbench*©

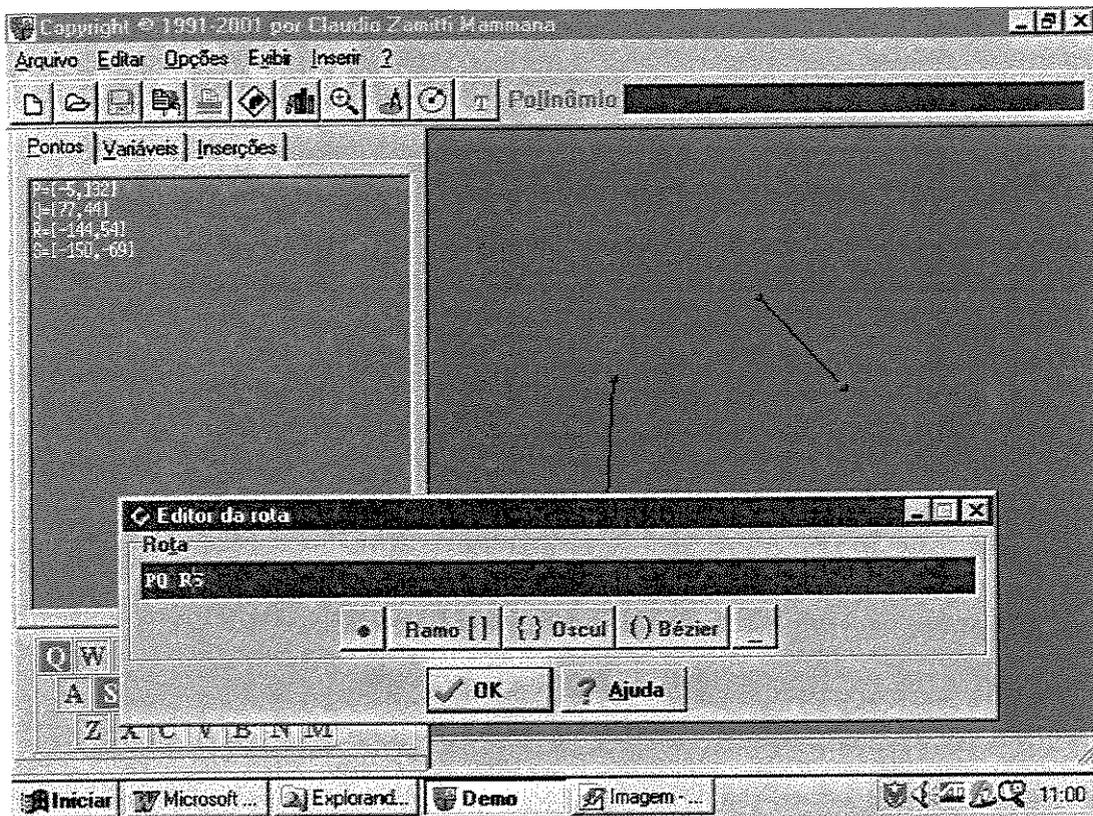


Fig. 9 – Janela do Editor de Rota do *Designer's Workbench*©

5.1.5 O Teclado Virtual

Para poder concentrar num único instrumento, ou seja, no mouse, a especificação dos nomes a serem dados aos pontos, bem como as demais operações de desenho, o *Designer's Workbench*® inclui uma representação do teclado de uma máquina de escrever convencional.

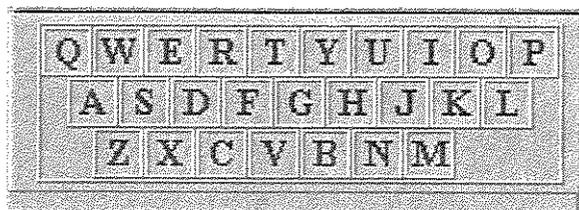


Fig. 10 – Teclado Virtual do *Designer's Workbench*®

Como já descrito, para criar um ponto arrasta-se a partir do teclado virtual o nome do ponto até a área de desenho, a este ponto ficam associadas coordenadas numéricas identificadas com a aritmética dos números complexos.

5.1.6 Galeria dos pontos

A Galeria dos Pontos (ver Fig. 4) é um painel formado por botões representativos dos problemas geométricos mais freqüentemente encontrados no Desenho.

Nesta Galeria são encontradas, de forma simples, as instruções para a resolução, dentre outros, dos seguintes problemas geométricos:

- Determinação de um ponto médio dado;
- o ponto de interseção de duas retas;
- a interseção de uma reta com uma circunferência;

- localização dos incentro, baricentro, ortocentro e o circuncentro de um triângulo; etc.

Segundo Mammana, os botões da Galeria de Pontos foram ilustrados de modo a permitir:

- A rápida identificação do problema geométrico a ser resolvido;
- o entendimento da seqüência de operações necessárias para a especificação dos dados que permitirão ao computador resolver o referido problema geométrico.

O usuário comunica os pontos a partir dos quais será resolvido o problema através de um "clique" com o botão esquerdo do mouse, seguindo a ordem indicada na ilustração do botão.

O acesso á Galeria dos Pontos só acontece a partir do Teclado Virtual. Por princípio, todos os pontos criados pelo *Designer's Workbench*© devem ter um nome; assim, dá-se o nome antes de criá-lo a partir da Galeria de Pontos. O acesso à Galeria de Pontos ocorre quando, após a seleção de um nome para o ponto que será criado, este nome é arrastado para uma área em branco do teclado virtual.

5.1.7 Galeria das Curvas

O *Designer's Workbench*© fornece um conjunto de curvas primitivas que podem ser especificadas a partir de um ponto de referência, este conjunto forma a Galeria das Curvas (ver Fig. 4). Por exemplo, um segmento de reta é determinado pelos pontos de suas extremidades; uma circunferência a partir do seu centro e do seu raio.

Assim, para utilizar esta Galeria, o usuário deverá “clique” no botão referente a ela, escolher a curva desejada, observando a seqüência dos pontos indicados no botão, em seguida apertar o botão escolhido. Ao retornar à área do desenho, basta clicar nos pontos marcados, seguindo a seqüência indicada no botão.

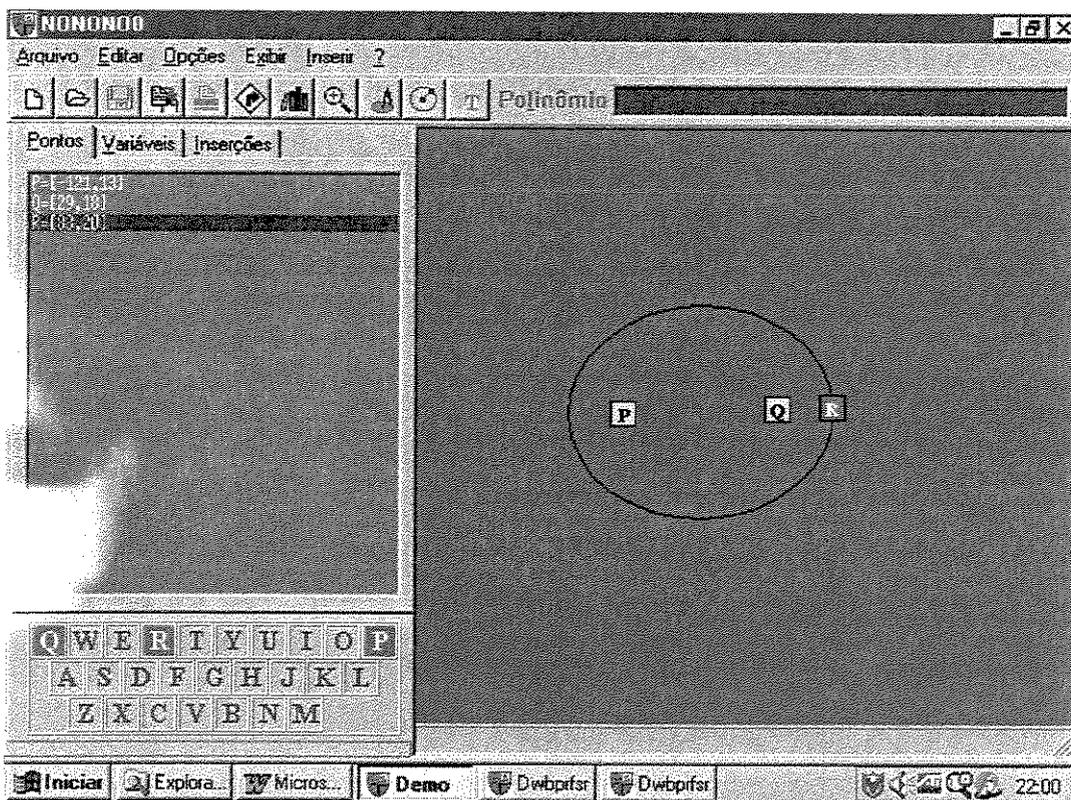


Fig. 11 - Elipse com focos nos pontos P e Q passando pelo ponto R
Curva obtida a partir do botão *Elipsff* da Galeria das Curvas

5.1.8 Polinômios Geométricos

Os polinômios são expressões algébricas que permitem especificar as seqüências de transformações geométricas⁵ que devem ser aplicadas a uma figura para a obtenção de outras figuras. Estas expressões no *Designer's Workbench*© podem ser representadas das seguintes formas:

- Polinômio global: quando se aplica a toda a figura;
- Polinômio de Inserção: quando se aplica a apenas um componente.

Um caso particular de um polinômio ocorre quando uma composição tem um elemento básico a partir do qual ela é formada através da repetição finita deste elemento básico. O *Designer's Workbench*© denomina esta repetição de *órbita* e tem a seguinte notação para representá-la: **Orb (n,x)**, onde n representa o número de vezes em que o elemento será repetido e x corresponde ao tipo de transformação aplicada (isto é, rotação, translação).

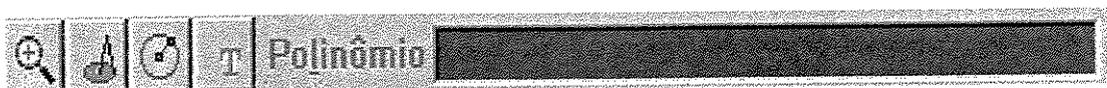
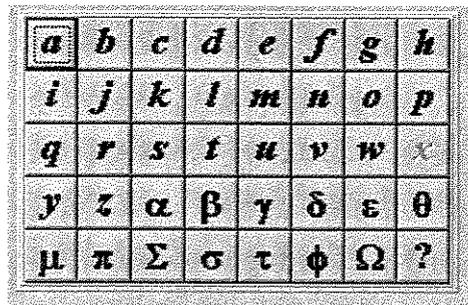


Fig. 12 Local no painel de controles do *Designer's Workbench*© utilizado para a descrição do polinômio

⁵ Transformações geométricas: identidade, inversão, rotação, translação, reflexão, ajuste de similaridade, ajuste de afinidade, homotetia e esticamentos e inclinação (*Segundo o Manual de ajuda do Designer's Workbench*©)

5.1.9 Os cadernos de pontos, variáveis e inserções

No painel do Designer's Workbench© encontra-se, no lado esquerdo da tela, os cadernos de *pontos, variáveis ou inserções*. Estes cadernos auxiliam o usuário na identificação dos pontos que está utilizando, na criação de variáveis que poderão vir a ser utilizadas nas fórmulas de descrição dos pontos ou dos traços que estão sendo criados, além de permitir um controle das curvas ou figuras que está inserindo no seu trabalho. O caderno de variáveis apresenta um teclado próprio para a criação das mesmas. Seguindo o padrão usual da notação Matemática, este teclado possui as letras minúsculas do nosso alfabeto e também do grego minúsculo.



a	b	c	d	e	f	g	h
i	j	k	l	m	n	o	p
q	r	s	t	u	v	w	x
y	z	α	β	γ	δ	ε	θ
μ	π	Σ	σ	τ	φ	Ω	?

Fig. 13. Teclado para criação de variáveis

Ao ser criada uma variável, clicando com o botão esquerdo mouse sob a letra correspondente ao nome da variável, uma janela para a edição da variável é aberta e o usuário deverá atribuir um valor para esta e identificar o tipo de variável que está sendo criada.

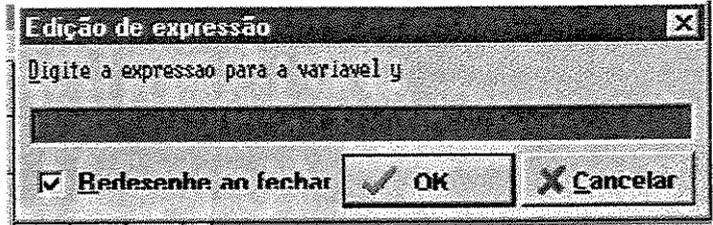
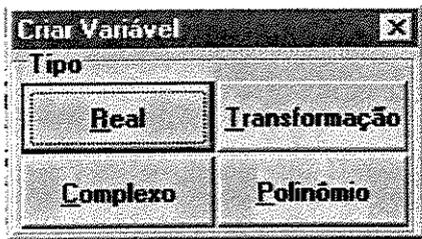


Fig. 14 Janelas de Edição de variável

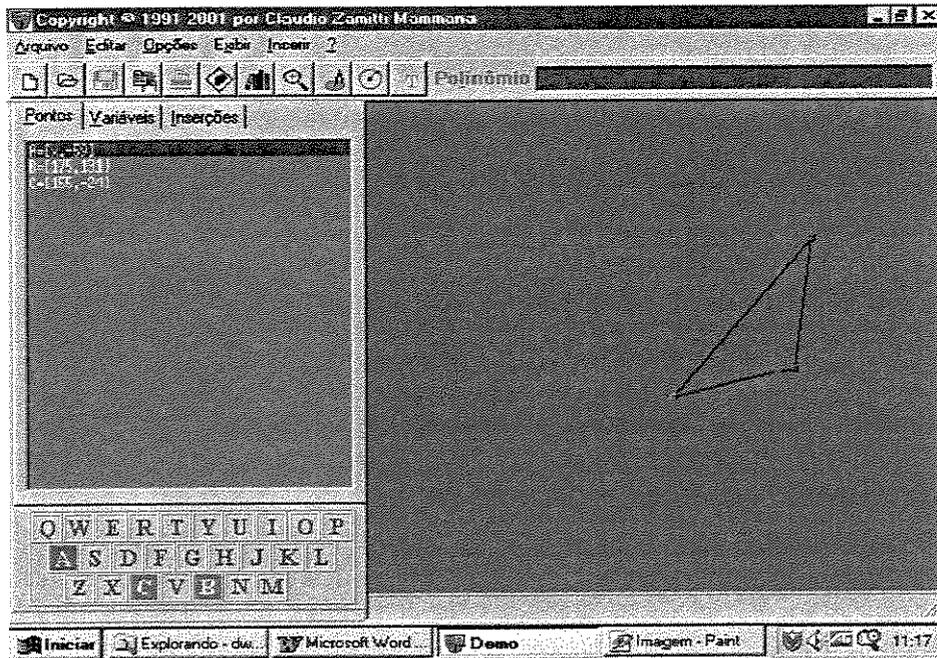


Fig. 15 – Cadernos de pontos, variáveis e inserções

5.1 *Designer's Workbench*© – versão educacional (DWB)

Para a realização da presente pesquisa, algumas modificações foram realizadas com objetivo de tornar o *Designer's Workbench*© mais amigável para um ambiente educacional.

As primeiras discussões para o delineamento do experimento mostraram a importância de haver modificações na interface original do *Designer's Workbench*© para que esta ficasse mais apropriada ao ambiente educacional.

Partiu-se do princípio de que ficaria acessível aos alunos apenas os recursos necessários para a realização das atividades, esta decisão foi baseada no chamado *Princípio do Domínio de Coerência*, defendido pelo professor Mammana. Segundo este princípio, na interface do software ficam ativos apenas os recursos estritamente necessários para a realização de uma tarefa. Com isso, evita-se um dispersar das idéias e neste trabalho, se os alunos ficassem pesquisando outros recursos do *Designer's Workbench*© ao invés de se preocupar com o problema proposto pela atividade, provavelmente o foco pedagógico de utilização deste software ficaria comprometido. Foram desabilitados diversos botões do menu além da barra do polinômio geométrico, já que esta não seria utilizada neste trabalho. A tela do software *Designer's Workbench*© na sua versão educacional ficou da seguinte forma:

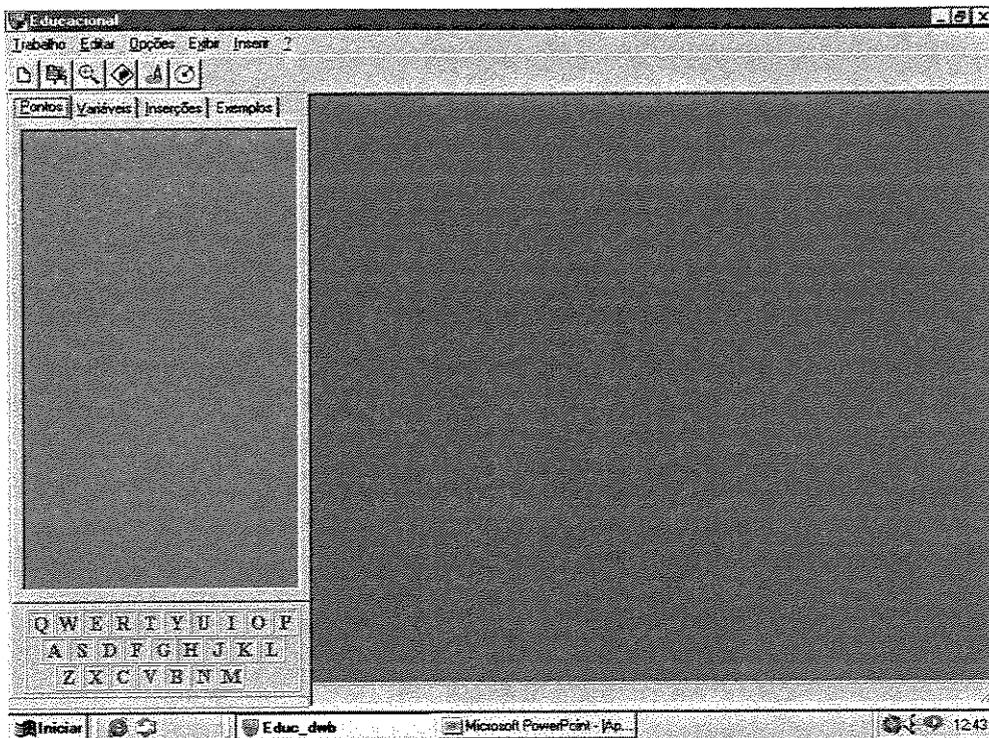


Fig. 16 – Tela do *Designer's Workbench*© – Versão Educacional utilizada na pesquisa

Além disso, para facilitar a comunicação entre os alunos e o software, foram criadas janelas de apresentação inicial, onde a dupla de alunos se cadastrava e escolhia a atividade a ser desenvolvida. A opção por desenvolver o trabalho em dupla está baseada em outras experiências já realizadas de utilização do computador em sala de aula, em especial, a partir da experiência da pesquisadora, quando trabalhava com os alunos da Rede Municipal de Ensino de Campinas como integrante do Programa Eureka^{5a}. Além disso, o trabalho em dupla possibilita uma maior integração e cooperação entre os alunos.

^{5a} O Programa Eureka foi desenvolvido durante os anos de 1991 a 1997 e tinha por objetivo implantar o projeto de informatização das escolas municipais de Campinas. Os professores capacitados pelo projeto utilizavam a Linguagem Logo na sala de aula.

Nesta mesma janela, aparecia o enunciado da atividade e o botão que iniciava o software propriamente dito. Estas modificações ocorreram após algumas discussões iniciais sobre como seriam trabalhadas as atividades com o software. E a partir da experiência realizada e do estudo dos resultados obtidos, outras já estão sendo incorporadas a uma nova versão do DWB.

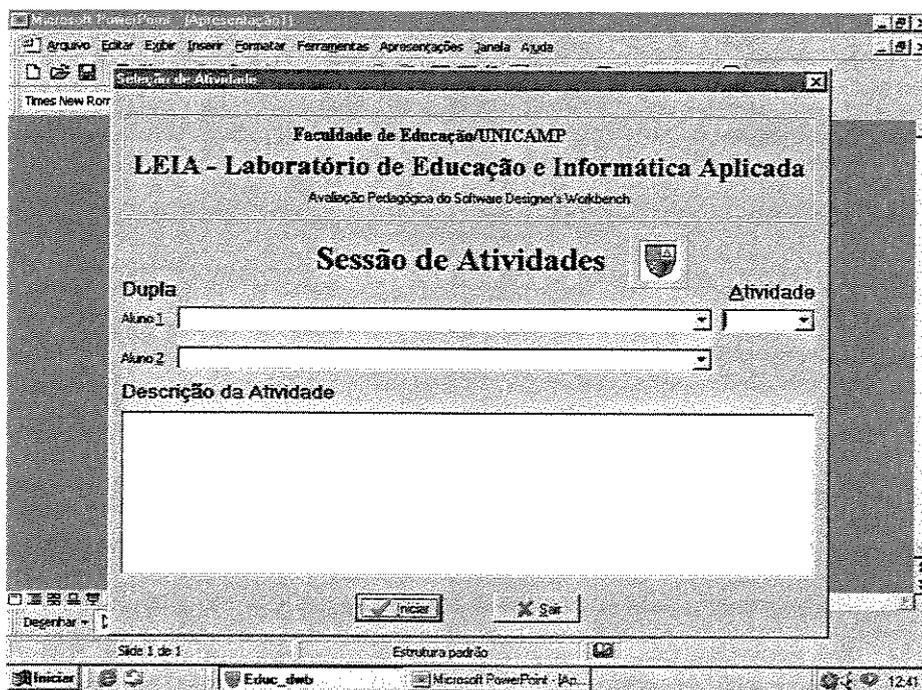


Fig. 17- Tela de abertura do *Designer's Workbench*© - Versão Educacional

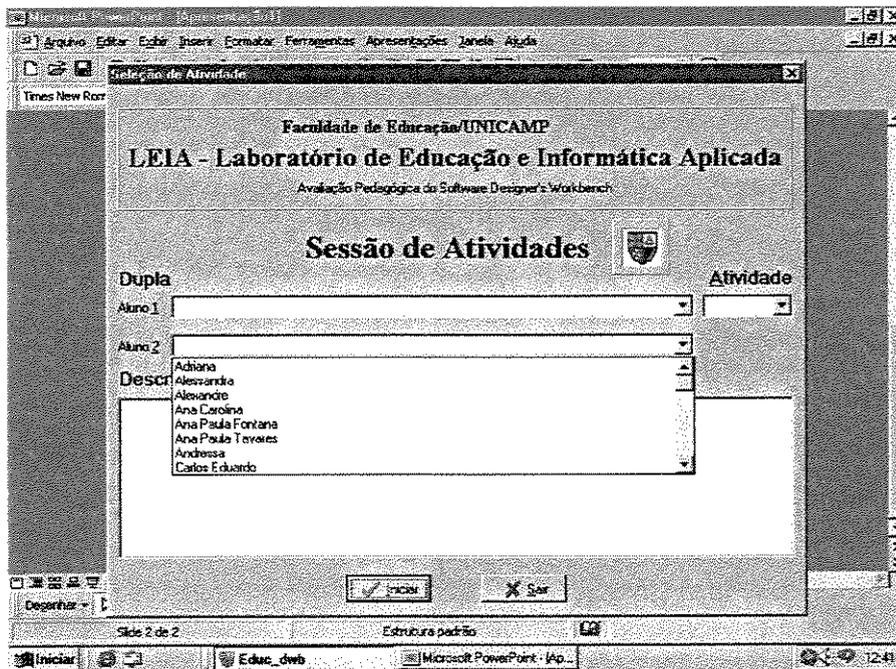


Fig.18 – Tela de abertura - Lista de alunos cadastrados pelo professor

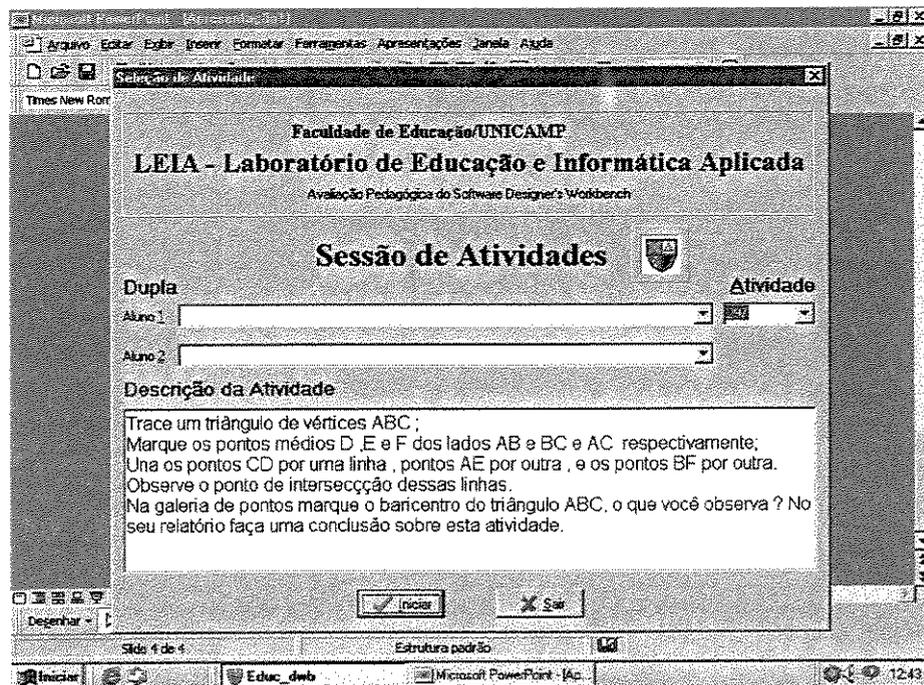


Fig. 19 – Tela de Abertura - Descrição da atividade

Ao encerrar a atividade, uma nova janela foi incluída para possibilitar a comunicação do aluno com um editor de texto. Neste editor os alunos descreviam os passos realizados para a resolução da atividade e “colavam” o desenho obtido.

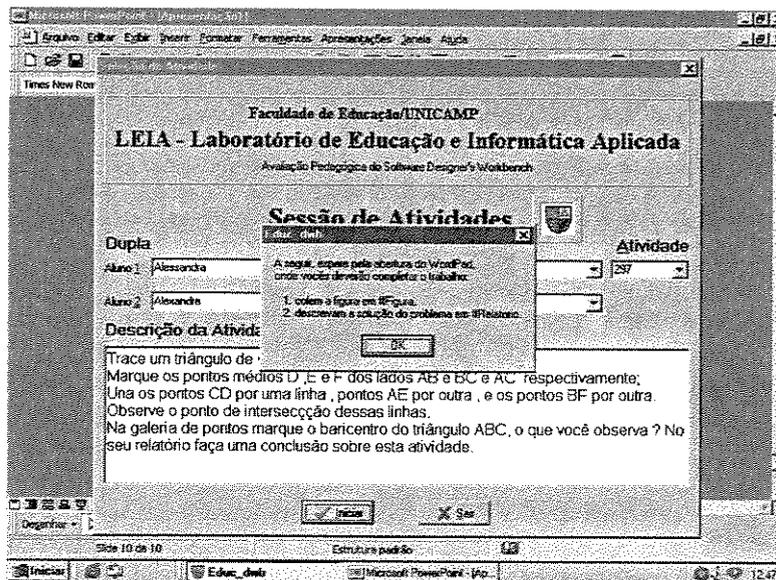


Fig. 20 – Janela de abertura do editor de texto para elaboração do relatório final da atividade

O relatório final da atividade (Anexo 1) produzido neste editor contém, além do desenho e da descrição, o nome dos alunos, a data de realização da atividade, o enunciado e os principais passos implementados pelo aluno ao utilizar o software para a resolução da atividade (pontos, rota, curvas, variáveis utilizadas). A idéia deste relatório surgiu, também, após discussões sobre como deveria ocorrer o desenvolvimento do trabalho com os alunos.

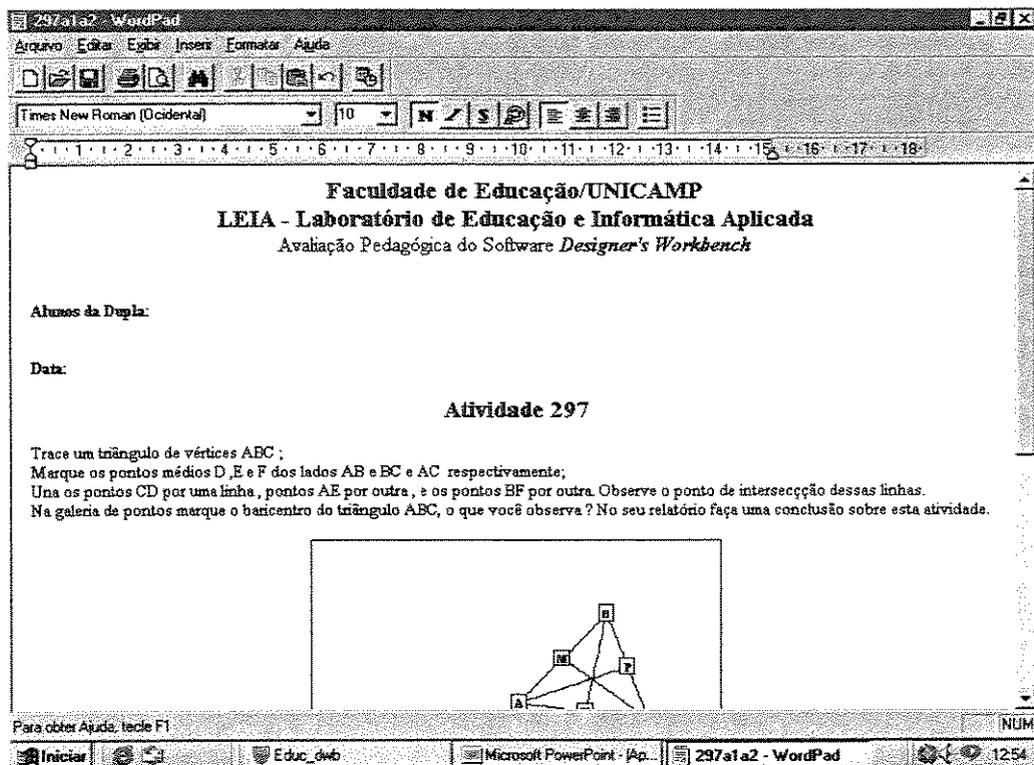


Fig. 21 – Editor com o relatório final

Assim, com as modificações introduzidas na versão educacional, obteve-se o seguinte fluxo de trabalho durante as sessões realizadas no LEIA:

1. Identificação das duplas e escolha da atividade;
2. Inicialização do software e resolução do problema proposto;
3. Encerramento da atividade através da elaboração de um relatório final.

Apenas com estas ferramentas mais simples do DWB, ou seja, o teclado virtual, a edição de pontos, a galeria das curvas e a galeria dos pontos, já é possível para o professor de Matemática, elaborar atividades envolvendo diversos conteúdos da Matemática do Ensino Médio.

Na presente pesquisa, as ferramentas utilizadas foram o teclado virtual, o editor de pontos, que possibilita a modificação das coordenadas de um ponto do desenho, o editor de rotas, que possibilita a ligação entre dois pontos e as

galerias dos pontos e das curvas. As atividades que foram desenvolvidas estão descritas no capítulo referente à análise dos dados.

É importante salientar que a maior contribuição do *Designer's Workbench*® do ponto de vista educacional é a concepção do software propriamente dita, baseada na chamada *Aritmética Complexa* e na *Álgebra das Transformações*. Possivelmente é esta abordagem algébrica para elementos geométricos que permite sua utilização para o desenvolvimento de diversos conteúdos matemáticos do Ensino Médio e mesmo Fundamental.

Com o objetivo de caracterizar a versão educacional do *Designer's Workbench*®, tomamos a liberdade de adotar a sigla DWB, como nome do software, durante o desenvolvimento desta pesquisa.

CAPÍTULO 6

METODOLOGIA

Ao fazer a análise do processo de utilização do software DWB tomou-se como foco principal a sua dimensão pedagógica. Assim, considerou-se de fundamental importância observar e avaliar a utilização do DWB por alunos no seu dia - a- dia na escola. E como a preocupação principal era com o processo de utilização do software, o foco de atenção para a análise foi o relacionamento aluno – software – conhecimento, optou-se por uma abordagem qualitativa de pesquisa.

Na perspectiva de um estudo qualitativo e considerando-se que a análise do processo de utilização de um software com um grupo de alunos é o estudo de algo único, o *estudo de caso* foi a abordagem de pesquisa mais indicada, segundo a caracterização adotada por Lüdke e André (1986:19). Em especial, ao se confrontar as características mais gerais deste tipo de abordagem, verificamos que a ênfase dada à “interpretação de um contexto” seria fundamental para a pesquisa, que teve como quadro teórico básico a Teoria da Atividade.

No livro de Lüdke e André (1986), as autoras apresentam cinco características básicas que caracterizam um estudo qualitativo. Destacamos para este trabalho as seguintes:

1. *"A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento".*
2. *"Os dados coletados são predominantemente descritivos".*
3. *"A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto. O interesse do pesquisador ao estudar um determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas".*
4. *"Nestes estudos há sempre uma tentativa de capturar a 'perspectiva dos participantes', isto é, a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas." (Lüdke e André, 1986: 11-2).*

Além destas características mais gerais de um estudo qualitativo, no estudo de caso, especificamente, podem ser destacadas também as seguintes:

1. *"Os estudos de caso visam à descoberta. (...). O quadro teórico inicial servirá assim de esqueleto, de estrutura básica a partir da qual novos aspectos poderão ser detectados, novos elementos ou dimensões poderão ser acrescentados, na medida em que o estudo avance".*
2. *Os estudos de caso enfatizam a 'interpretação em contexto'. (...) para uma apreensão mais completa do objeto, é preciso levar em conta o contexto em que ele se situa.*
3. *Os estudos de caso buscam retratar a realidade de forma completa e profunda.*
4. *Os estudos de caso usam uma variedade de fontes de informação. (...) o pesquisador recorre a uma variedade de dados, coletados em diferentes momentos, em situações variadas e com uma variedade de tipos de informantes." (Lüdke e André, 1986: 18-21).*

Neste trabalho utilizou-se como instrumentos de coleta de informações: a *observação participante*, que cola o pesquisador à realidade estudada; a *entrevista*, que permite um maior aprofundamento das informações obtidas; e a *análise documental*, que complementa os dados obtidos através da observação e da entrevista e aponta novos aspectos da realidade pesquisada (Lüdke e André, p. 9).

O pesquisador nesta abordagem é caracterizado como um observador participante; o grupo estudado, que neste relatório são referidos como sujeitos, foram os informantes que forneceram o seu olhar para o desenvolvimento do trabalho. Levando-se em conta as características de um estudo qualitativo, os alunos que participaram foram informados desde o início que um dos objetivos da pesquisa seria avaliar o software que estava sendo utilizado. É importante ressaltar que, apesar de serem denominados sujeitos, os alunos desempenharam o papel de informantes, segundo a caracterização da pesquisa qualitativa.

6.1 Sujeitos

Esta pesquisa foi desenvolvida, no segundo semestre de 2000, com alunos de uma das 3^a séries de Ensino Médio de uma Escola Estadual de Campinas (SP), situada no distrito de Barão Geraldo. A escola possuía no ano de 2000, seis turmas de 3^a série de Ensino Médio, sendo três no período diurno e três no período noturno. Com exceção de uma turma do período diurno, a professora de Matemática destas turmas era a pesquisadora^{5a}. A turma selecionada foi identificada pela letra X, já que não havia nenhuma turma com esta denominação na escola, e assim garantimos o anonimato dos informantes.

^{5a} No ano de 2000 todas as turmas que lecionava eram de 3^a série do Ensino Médio, assim a escolha do conteúdo utilizado na pesquisa foi determinado por esta contingência.

A escolha da turma X foi feita em função de alguns critérios descritos a seguir:

- a) Primeiramente, por ser uma turma do período da manhã, o que facilitaria a ida até a Universidade;
- b) em segundo lugar, a maioria dos alunos da turma X têm, dentro dos critérios adotados pela escola, o perfil de “bons alunos”, o que garantiria domínio dos conceitos considerados pré-requisitos;
- c) entre todas as turmas da escola, a turma X é a mais homogênea em termos de aproveitamento escolar;
- d) por fim, a professora de Matemática desta turma era a própria pesquisadora, facilitando, assim, o acesso aos alunos e a realização do trabalho de campo.

A turma X era composta de 28 alunas e 11 alunos, com idades variando de 16 a 20 anos. A grande maioria residia no distrito de Barão Geraldo e estudava na mesma turma desde fevereiro de 1999. Participaram da pesquisa 28 alunas e 10 alunos.

6.2 Instrumentos

A coleta dos dados foi realizada durante o desenvolvimento das aulas de Matemática, no Laboratório de Educação e Informática Aplicada (LEIA) da Faculdade de Educação da UNICAMP, quando os alunos utilizaram o software DWB como ferramenta de aprendizagem. A estes encontros será dado o nome de “sessão”, para estabelecer uma distinção com as aulas que ocorreram no espaço da escola.

Os momentos de coleta e os instrumentos utilizados para a coleta dos dados foram os seguintes:

- 1º) Durante as sessões:

- Diário de Campo da professora (pesquisadora);
- relatórios sobre o desenvolvimento das atividades e a resolução de problemas pelos alunos durante as aulas, produzidos pelo software no encerramento de cada atividade (Anexo 1).

2º) Durante as aulas:

- avaliação escrita elaborada pelos alunos após a realização do último encontro;
- questionário informativo dos alunos (Anexo 2).

3º) Em outros espaços:

- entrevista semi – estruturada com os alunos no final de todos os encontros (Anexo 3);
- correspondência eletrônica com o autor do software sobre as adaptações do mesmo à situação que estava sendo pesquisada.

O Diário de Campo foi feito pela pesquisadora nas tardes subseqüentes às sessões no LEIA. Seguindo as orientações encontradas em Lüdke e André (1986, p. 30), houve a preocupação de relatar as observações sob dois aspectos: um mais descritivo e outro mais reflexivo. O Diário de Campo é composto por sete dias de relatos com uma média de 4 folhas por dia, totalizando 26 páginas de observações.

Os relatórios elaborados pelos alunos faziam parte da finalização da atividade realizada. Como descrito no capítulo 5, item 5.2, o relatório corresponde a uma das modificações que foram feitas no *Designer's Workbench*®, para adequá-lo a um trabalho em sala de aula, segundo uma perspectiva de construção do conhecimento. O objetivo do relatório era possibilitar uma retomada da forma como os alunos haviam pensado durante a resolução do problema proposto como atividade. Como descrevemos, posteriormente, nem todos os alunos captaram este objetivo e muitos entregaram um relatório com as descrições mecânicas de utilização do software

e não uma descrição da sua forma de solucionar o problema. Foram gerados 347 arquivos com relatórios, porém os alunos imprimiram apenas 299 que são os documentos utilizados na análise do trabalho.

A avaliação individual e escrita dos alunos sobre as sessões em que se utilizou o software DWB foi realizada na primeira aula na escola, subsequente aos encontros no LEIA. Solicitamos aos alunos que escrevessem sua opinião sobre o trabalho realizado enfocando especificamente o software e o conteúdo trabalhado. Não foi feita nenhuma questão específica para ser respondida e, portanto, o relato ficou em aberto, e cada aluno escreveu como entendeu o desenvolvimento do trabalho. A grande maioria respondeu durante o período de aula, sendo que alguns pediram para devolver na aula seguinte, o que foi permitido.

O questionário informativo⁶ (Anexo 2), foi aplicado no mês de novembro, também após o término das sessões em que foi utilizado o software DWB. Este questionário foi realizado como objetivo de traçar um perfil geral da turma com relação à idade, sexo, preferências de estudo, relação com o estudo da Matemática e com o uso de computador, além de procurar informações sobre a utilização do software DWB e as atividades com este realizadas. Novamente, o questionário foi aplicado durante o período de aula e os alunos devolveram no mesmo dia.

Outro instrumento de coleta de informações foi a entrevista semi — estruturada realizada também após o término das sessões no LEIA. A entrevista, como observam Lüdke e André, representa um dos instrumentos básicos de coleta de dados, especialmente no caso de uma pesquisa com delineamento qualitativo.

A entrevista teve como eixo principal duas perguntas, uma primeira sobre o software propriamente dito e uma segunda a respeito da relação entre os

⁶ As questões referentes ao ensino de Matemática estão baseadas em questionário elaborado pelo Grupo de Estudos e Pesquisa em Psicologia da Educação Matemática, FE/UNICAMP.

conteúdos matemáticos e a utilização do software (Anexo 3). Os alunos foram entrevistados em duplas, agrupando-se tal como no LEIA. Esta entrevista foi realizada em três dias diferentes e manteve-se a dinâmica descrita a seguir.

Primeiramente, os alunos eram informados que seriam feitas duas questões: uma sobre o software e outra sobre as atividades realizadas. Em seguida, eles mesmos escolhiam qual deles responderia em primeiro lugar. Geralmente, um complementava a resposta do outro. Procuramos repetir as questões complementares que surgiam durante a entrevista com todas as duplas entrevistadas.

Outro instrumento utilizado para coletar informações foi a correspondência eletrônica (e-mails) trocada entre a pesquisadora e o autor do software, durante a realização das sessões do experimento. Estes e-mails foram analisados, pois, a partir das sugestões apresentadas pelo professor Mammana, muitas atividades foram reelaboradas. Além desta informação, nestes documentos encontram-se registradas as discussões sobre as modificações necessárias para que o software ficasse com uma interface mais apropriada para o trabalho em sala de aula.

6.3 Procedimentos

Os alunos foram até o Laboratório de Educação e Informática Aplicada, na Faculdade de Educação/UNICAMP (LEIA), no horário de aulas, durante o mês de outubro de 2000. Foram realizadas sete sessões de trabalho no LEIA, com duração média de 80 minutos cada sessão.

A primeira sessão foi apenas para os alunos conhecerem o novo ambiente e se adaptarem ao horário de locomoção, aos procedimentos para ligar o computador na rede do LEIA e como acessar os aplicativos. Nesta primeira sessão os alunos não trabalharam com o DWB, ficaram a maior parte do tempo

navegando na internet. Podemos observar que aparentemente a grande maioria já tinha alguma familiaridade com o ambiente computacional. Este primeiro dia foi importante porque acabou criando uma dinâmica de deslocamento do grupo até o LEIA e também possibilitou a formação das duplas de trabalho. A ansiedade dos alunos com relação ao deslocamento e ao novo ambiente foi diminuída neste primeiro encontro, e, assim, nas sessões posteriores de utilização do DWB, o espírito de novidade e a ansiedade já haviam diminuído significativamente.

Os sujeitos solucionaram as atividades propostas (Anexo 4) em dupla, utilizando o software *Designer's Workbench*®, ficando a critério deles a escolha do seu companheiro de trabalho. Na organização das duplas, um trio de alunas que não quis trabalhar separado, formou um grupo. Formaram-se, portanto, dezesseis duplas homogêneas (masculino ou feminino) e uma dupla mista além do trio já citado.

As atividades propostas para serem solucionadas com o software DWB partiram de uma seqüência inicial, planejada para trabalhar conceitos de números complexos. Porém, no desenvolvimento da pesquisa foi-se avaliando as dificuldades encontradas pelos alunos na solução destas atividades iniciais, o que ocasionou uma reelaboração das mesmas. Os alunos que participaram da pesquisa, ao procurarem uma solução para as atividades propostas com o objetivo de manusear o software (cinco primeiras atividades), apresentaram dificuldades com o conteúdo matemático propriamente dito, o que impôs a necessidade de se repensar as atividades subseqüentes. Para retomar os conteúdos e possibilitar a coleta dos dados as atividades foram reelaboradas durante este processo.

Durante a pesquisa foram propostas aos alunos um total 27 atividades, identificadas neste trabalho por a1, a2, a3, a4, a5,...e assim por diante. Durante a realização da pesquisa estas atividades foram apresentadas aos alunos através de uma outra numeração. No entanto, a ordem numérica de alguma forma

influenciou os alunos, pois estes consideravam as atividades numeradas na seqüência com maior valor, como as mais complicadas, o que não correspondia à realidade, como é possível observar na classificação dada a seguir.

Estas atividades podem ser classificadas em dois grupos principais: um primeiro conjunto de problemas que não utilizam o conceito de variável e um segundo, com problemas que tratam de variáveis. Dentro destes dois grupos, ainda podemos classificar as atividades em simples ou complexas. Considerando-se esta classificação podemos ter o seguinte quadro:

Tipo de atividade	simples	complexas
sem variáveis	a1,a9, a14, a17	a2,a3,a5,a6,a7,a10,a11,a12,a13, a21,a22,a23,a24,a26
com variáveis	a15,a16,a18	a4,a8,a19,a20,a25,a27

Ao analisar o quadro observa-se que a maioria das atividades proposta aos alunos se concentrou em atividades complexas, sem a utilização de variáveis. As atividades complexas sem o uso de variáveis exigiam do aluno além da edição de pontos, a criação de figuras geométricas como quadrado, retângulo ou triângulo, ou então tratavam de ponto médio ou ponto de interseção de retas. As atividades classificadas como complexas com utilização de variável tratavam do mesmo assunto que as outras, no entanto, acrescentavam a dificuldade de trabalhar como o conceito de variável.

Foram desenvolvidos os seguintes conteúdos matemáticos nestas sessões de utilização do software:

- Localização de pontos no plano (noção básica de geometria analítica);
- desenho de quadriláteros (quadrado, retângulo) de tamanho variável, onde os alunos trabalharam com a noção de distância entre dois pontos;
- ponto médio de um segmento;

- pontos notáveis de um triângulo.

As ferramentas básicas do software utilizadas foram:

- Edição de pontos;
- edição de rotas ;
- utilização da galeria de pontos e da galeria de curvas do software;
- edição do relatório de solução da atividade proposta.

A princípio pensou-se nestes primeiros encontros apenas como uma oportunidade de verificar a pertinência das atividades planejadas para serem trabalhadas durante a utilização do software. Porém, com a riqueza de informações coletadas, as situações de ajuste do software e os momentos de aprendizagem de conceitos matemáticos que ocorreram, os dados coletados neste experimento foram considerados suficientes para a análise pedagógica do processo de utilização do DWB. Além disso, na análise sócio-histórica obter informações do primeiro contato é essencial, como observaram Griffin, Belyaeva & Soldatova (1992), no artigo citado no capítulo 4.

Nestes encontros foram identificadas as dificuldades encontradas pelos alunos para dominarem os comandos do software DWB. E os dados coletados foram considerados suficientes para analisar, tanto o aspecto de dificuldade de manuseio do software, quanto as atividades realizadas pelos alunos, segundo o referencial teórico da Teoria da Atividade.

Obteve-se, no final de período da pesquisa, o seguinte levantamento de dados empíricos e documentos:

LEVANTAMENTO DO MATERIAL EMPÍRICO COLETADO

Material	Quantidade	Nº folhas/ nº horas
Atividades	27	27
Relatório atividades	299	299
Diário de Campo:	7	
Encontro 1		2
Encontro 2		3
Encontro 3		4
Encontro 4		3
Encontro 5		6
Encontro 6		3
Encontro 7		5
Avaliação dos alunos	36	36
Questionário	36	180
e-mails	15	15
Total	420 documentos	583 páginas
Entrevista com os alunos	38	3 horas/fita K-7

6.4 Transformação das informações: tratamento dos dados

Segundo Luna (2000), a etapa seguinte à da seleção dos procedimentos é a de tratamento das informações coletadas. Cada um dos instrumentos possibilitou a obtenção de informações que foram coletadas seguindo os procedimentos já descritos. Como afirma Luna (2000),

“Elas podem consistir, por exemplo, em transcrições de entrevistas gravadas, trechos de documentos lidos, fitas gravadas em vídeo, protocolos de observação. Em qualquer caso, porém, não passam de informação obtida e, como tal, aguarda um tratamento, uma organização que permita o encaminhamento das possíveis respostas que se pretendia obter.” (Luna, 2000: 63-4)

As informações tratadas, segundo o autor citado, resultam em dados, e o procedimento para esta transformação é extremamente dependente do referencial teórico do pesquisador.

Neste estudo, de orientação qualitativa, a escolha de unidades de análise é mais complexa, como afirma Luna (2000), pois está se procurando categorias de análise para os dados obtidos. No entanto, não se pode esquecer que o referencial teórico do trabalho é uma teoria que já possui unidades previamente estabelecidas, quais sejam: atividade, ação e operação.

Além disso, a partir da leitura do material, procurou-se detectar outras categorias, como facilidade no manuseio do software, ambiente que o software permite que seja criado com sua utilização, dificuldades com o conteúdo matemático, relacionamento aluno – aluno, alunos – professor, alunos – professor –software.

Nesta perspectiva, as entrevistas com os alunos foram transcritas e foram tratadas tendo como base o referencial teórico adotado. Isto significa que quando a transcrição foi lida, procurou-se detectar na fala dos alunos a importância que deram ao contexto em que o trabalho foi desenvolvido, à relação com os colegas, professora e software, além de se procurar detectar as unidades básicas de análise da Teoria da Atividade: atividade, ação e operação.

Este mesmo cuidado se teve ao analisar o Diário de Campo da pesquisadora, o relatório da solução das atividades produzido pelos alunos, a avaliação escrita, e os e-mails trocados entre a pesquisadora e o autor do software. O questionário informativo foi tabulado e seus resultados computados em termos percentuais.

No final, o objetivo era que o tratamento das informações apresentasse, como Luna (2000) observou, um mínimo de compatibilidade a fim de se prestarem às respostas esperadas por este estudo.

Um aspecto importante a ser observado é que a checagem de um dado obtido foi feita através de “triangulação”, isto é, “diferentes informantes, em situações variadas, em momentos variados” (Lüdke e André, 1986: 52).

Neste estudo, a entrevista, a avaliação escrita dos alunos e o questionário informativo constituem-se em diferentes instrumentos de obtenção de informações que, ao serem trabalhadas, demonstraram coerência com os dados obtidos. Ao ser confrontado o relato da pesquisadora através do seu Diário de Campo e a avaliação escrita dos alunos, novamente obtivemos a confirmação de vários dados como por exemplo, a facilidade de manuseio do software, a dificuldade encontrada pelos alunos com relação ao conteúdo matemático, o tipo de ambiente criado pelo software para o desenvolvimento da aula propriamente dita.

Ao se categorizar a informação obtida na pesquisa não se pretendeu esgotar a análise destes dados. Procurou-se nesta descrição acrescentar novos elementos para a discussão sobre o ensino da matemática, a importância da utilização de novas ferramentas no processo de mediação da aprendizagem. Procuramos também, ao descrever o processo de utilização do software DWB, criar uma dinâmica de observação da utilização de um software educacional para sua avaliação na prática efetiva de sala de aula. Acreditamos que somente no ambiente real de utilização de um software, este possa ser avaliado e melhorado em vários aspectos educacionais e muitas vezes computacionais.

CAPÍTULO 7

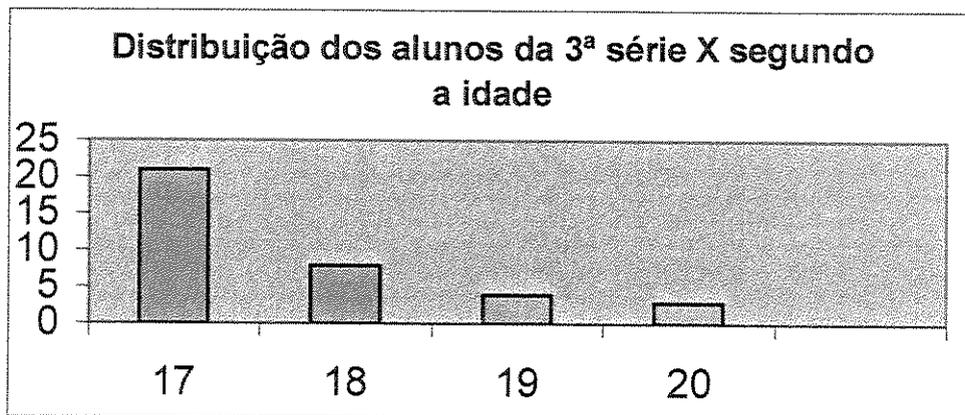
ANÁLISE DOS DADOS

7.1 Perfil da Turma

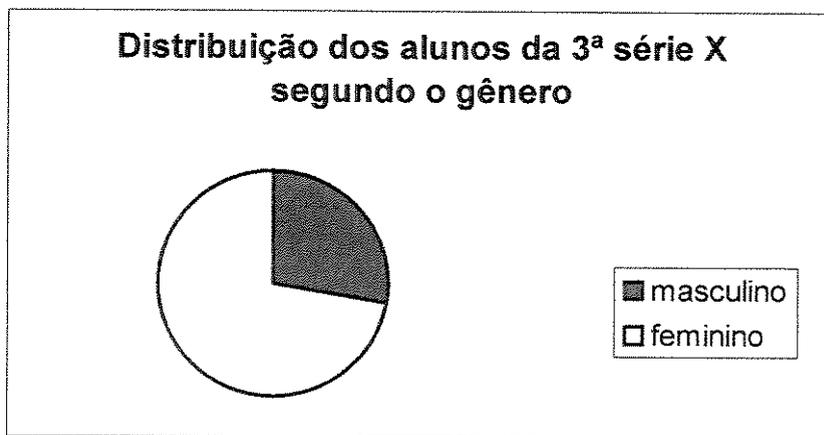
Inicialmente, utilizando o Questionário Informativo (Anexo 2), procurou-se traçar um perfil da turma de alunos que participaram do experimento. Este questionário informativo, além de perguntas mais gerais sobre idade, gênero e tipo de escola em que estuda, também procurou-se obter informações sobre a disciplina que os alunos mais gostavam, o conteúdo matemático de sua preferência e aquele em que tinha maior dificuldade, se já haviam utilizado computador, a opinião sobre trabalhos em grupo e a avaliação das atividades desenvolvidas e as sessões de trabalho no LEIA.

Ao todo o questionário tem 37 questões, porém foram utilizadas no texto apenas as consideradas mais relevantes para o estudo e que poderiam fundamentar posteriores conclusões. A turma era composta por 39 alunos, dos quais 38 participaram da pesquisa e somente 36 devolveram o questionário. O Anexo 5 traz a tabulação completa das respostas do Questionário Informativo.

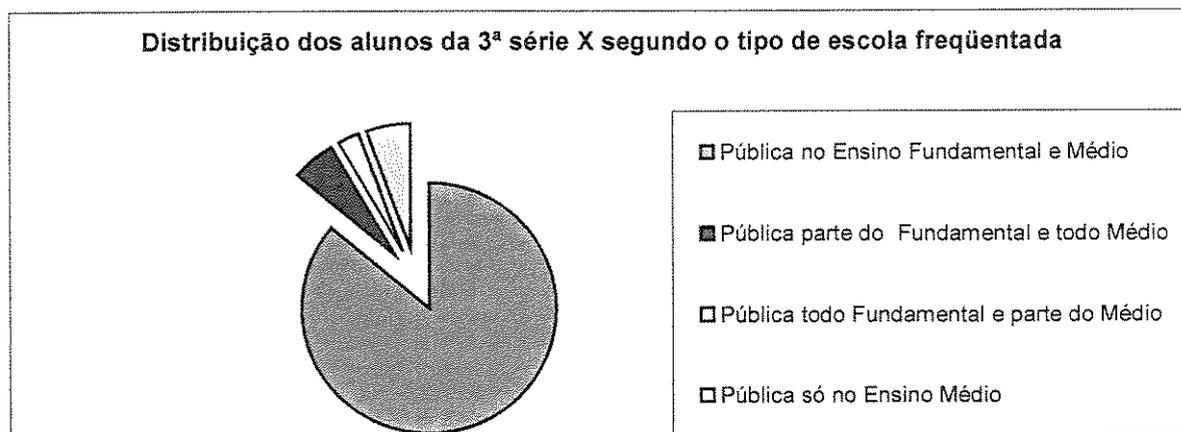
A primeira questão se referia à idade dos alunos e obteve-se o seguinte resultado: 58,3% dos alunos tinham 17 anos; 22,2%, 18 anos; e o restante, 19,5%, 19 ou 20 anos. Graficamente tem-se o seguinte:



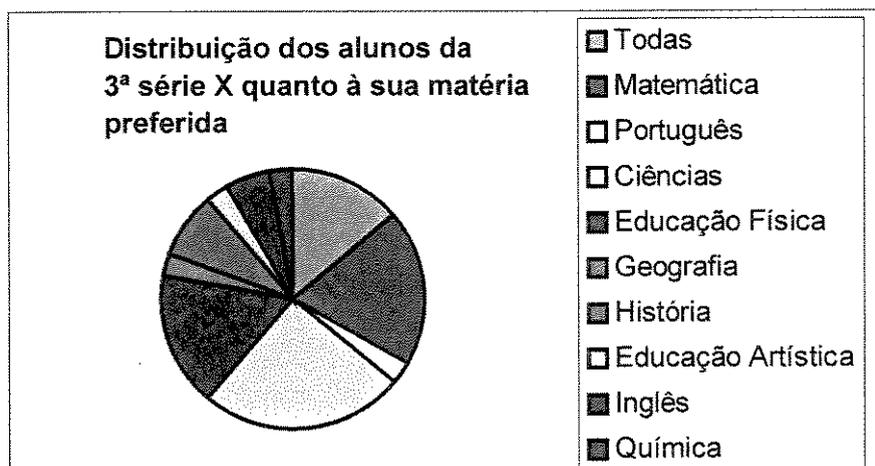
A segunda questão do questionário se referia ao gênero. A maioria dos alunos, 72,2 %, é do gênero feminino.



Outra questão destacada se refere à origem escolar dos alunos, isto é, se são oriundos da escola privada ou pública. Como mostra o gráfico seguinte, a grande maioria, correspondendo a 86%, frequentou a escola pública tanto no Ensino Fundamental quanto no Médio.



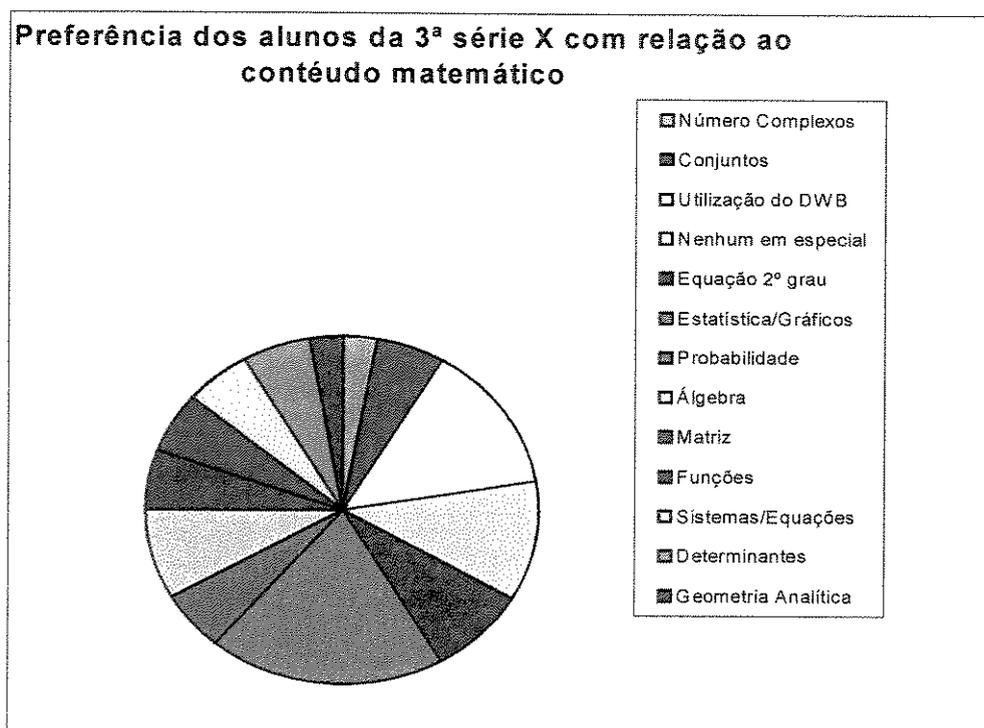
Com relação à pergunta sobre qual matéria o aluno mais gostava de estudar, obteve-se o seguinte resultado gráfico:



Em termos percentuais pode-se afirmar que 14% gostam de todas as matérias, 19,4% gostam mais de Matemática, 2,7% gostam mais de Português, 25% de Ciências (corresponde à disciplina de Biologia), 17% Educação Física,

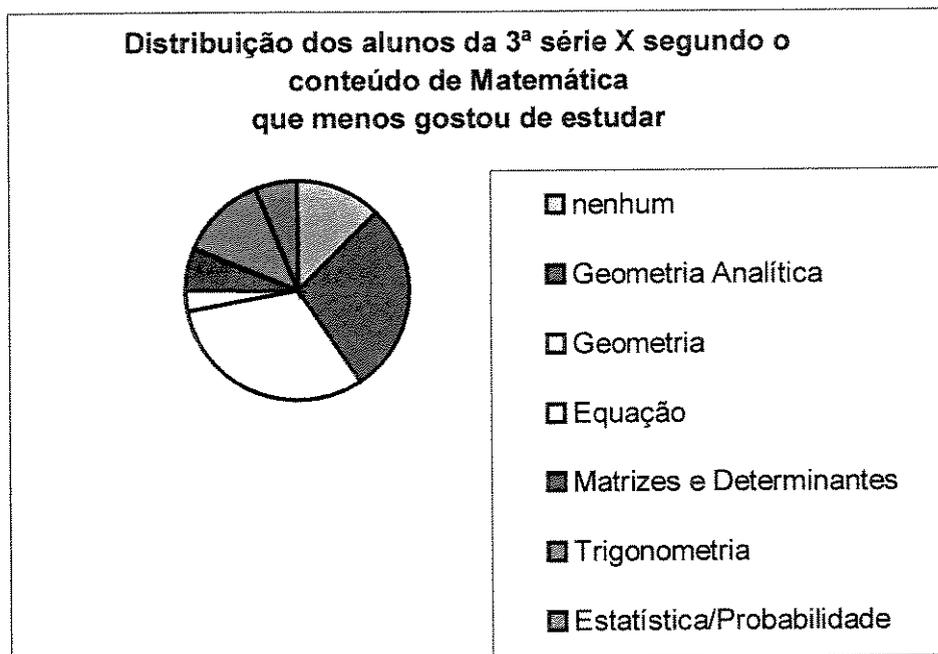
2,7% Geografia, 8,3% História, 2,7% Educação Artística, 5,5% Inglês e 2,7% Química.

Outra questão procurava determinar o conteúdo de Matemática que eles mais haviam gostado de estudar até então. É importante observar que esta era uma pergunta aberta, ou seja, sem alternativas, que o aluno respondia conforme sua lembrança. Cinco alunos, o que corresponde a 13,8%, responderam especificamente que gostaram do trabalho com o software DWB, reconhecendo que este estava relacionado como o conteúdo de Geometria Analítica. Os demais se detiveram em conteúdos matemáticos propriamente ditos. Pode-se observar que a grande maioria dos conteúdos levantados pelos alunos se refere àqueles que foram trabalhados durante o ano com a turma, como é o caso de Estatística e Gráficos.



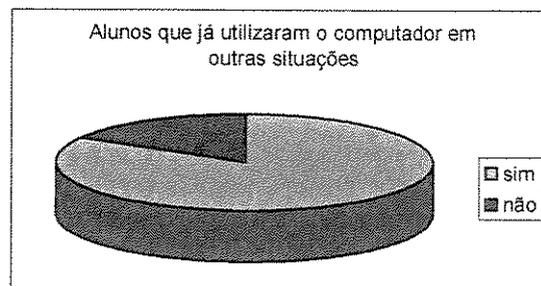
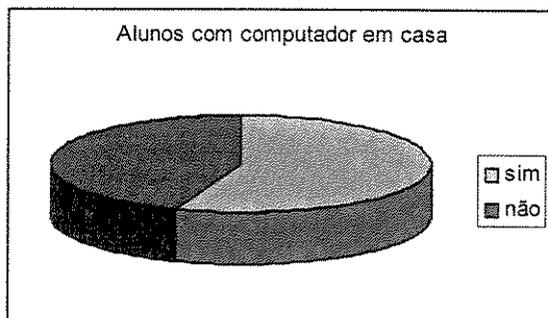
Ao serem perguntados sobre qual conteúdo matemático que menos gostaram de estudar, a grande maioria respondeu Geometria ou Geometria

Analítica. Esta pergunta, da mesma forma que a anterior, era aberta e o aluno respondia espontaneamente. Os alunos que escolheram Geometria Analítica (conteúdo desenvolvido durante os meses de junho, julho e agosto), ao justificarem a resposta, consideraram este um conteúdo de difícil compreensão, sendo que um aluno relatou, na sua Avaliação Escrita sobre as sessões de utilização do DWB, que só veio a entender este conteúdo após estes encontros.



Para procurar determinar a familiaridade dos alunos com o computador – o questionário possuía seis questões – foram destacadas em termos gráficos duas. A primeira se refere ao fato do aluno ter ou não computador em casa e a segunda é se ele já utilizou o computador em outras situações. Na resposta à primeira pergunta, 55,5% responderam que têm computador em casa. Com

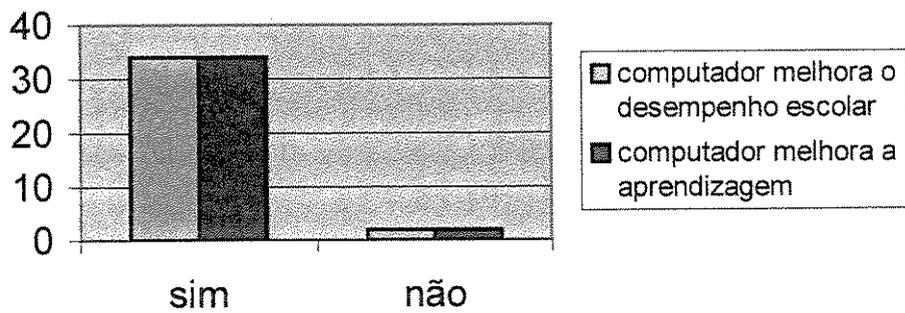
relação à segunda questão, 83,3% já haviam utilizado o computador em outras situações.



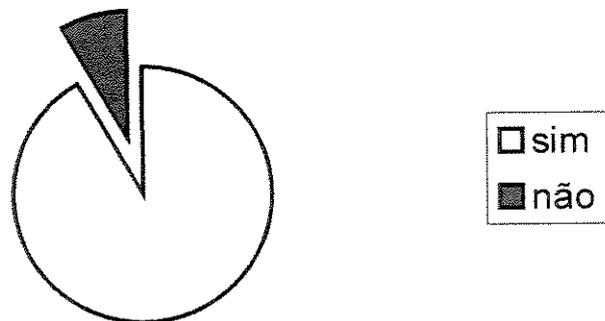
Estas duas questões mostram um quadro um tanto diferente daquele imaginado para alunos de escola pública. Ao contrário do que muitos professores imaginam, os alunos de escola pública estão tendo cada vez mais acesso ao computador, independente desta escola assumir seu papel de democratização dos novos meios de informação e comunicação.

No questionário informativo, nas questões referentes à importância que os alunos dão ao computador, foram feitas três questões, duas especificamente sobre o que eles achavam da relação computador/desempenho escolar e computador/aprendizagem e uma terceira sobre a importância do computador na vida das pessoas. Como já era esperado pelas declarações dos alunos durante os encontros, a maioria absoluta (94,4%) acha que o computador é um diferencial para a melhoria do seu desempenho escolar e para a aprendizagem de conteúdos escolares. Da mesma forma, 91,6% consideram o computador como um instrumento importante para a vida das pessoas.

Distribuição dos alunos da 3ª série X segundo a opinião se o computador nas aulas melhora o desempenho escolar e a aprendizagem



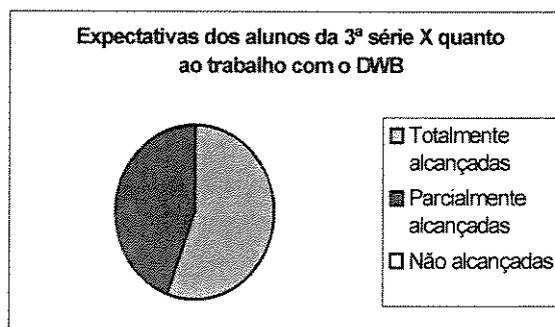
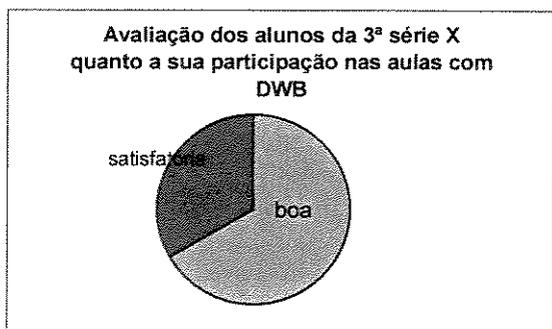
Distribuição dos alunos da 3ª série X quanto à opinião se o computador é importante na vida das pessoas



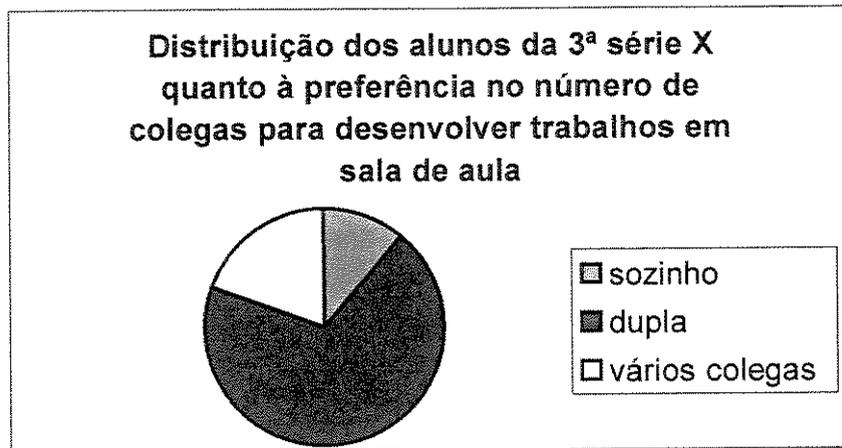
A avaliação dos encontros em que utilizaram o DWB foi bastante positiva, no questionário informativo; na questão específica sobre este assunto, foram encontrados os seguintes resultados: 66,6% dos alunos consideram boa sua

participação e 33,3% satisfatória. A escala de avaliação tinha três níveis – boa, satisfatória e ruim – sendo que nenhum aluno assinalou a opção ruim.

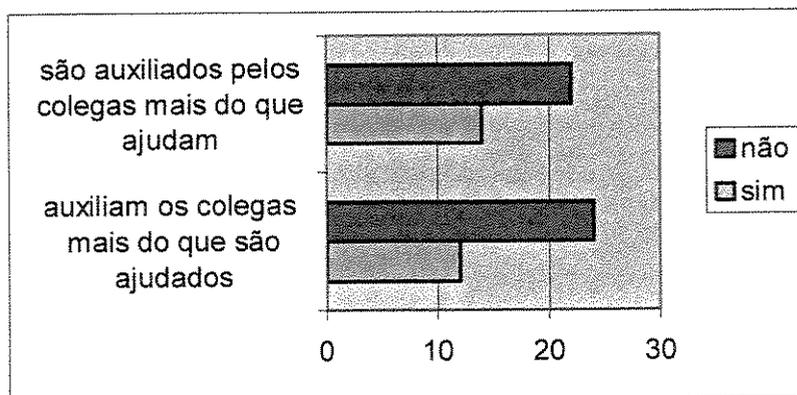
Ao serem questionados, ainda neste instrumento, a respeito da expectativa que tinham em relação à utilização do DWB, novamente o resultado foi bastante favorável ao trabalho desenvolvido. A maioria dos alunos, 55,5%, considerou que suas expectativas haviam sido totalmente atingidas enquanto que 44,4% consideraram que suas expectativas foram alcançadas parcialmente. A escala de resposta para esta questão também tinha três níveis – totalmente, parcialmente e não foram alcançadas. Novamente, nenhum aluno assinalou a opção “não foram alcançadas”.



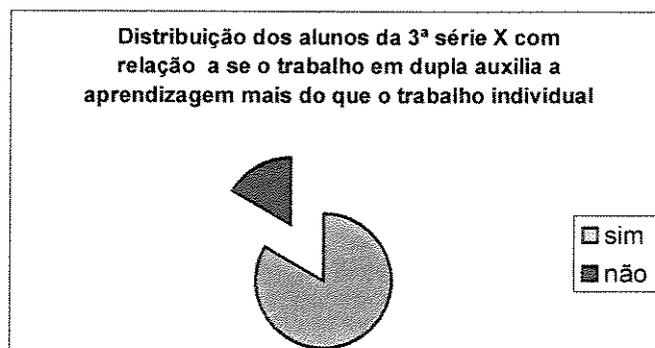
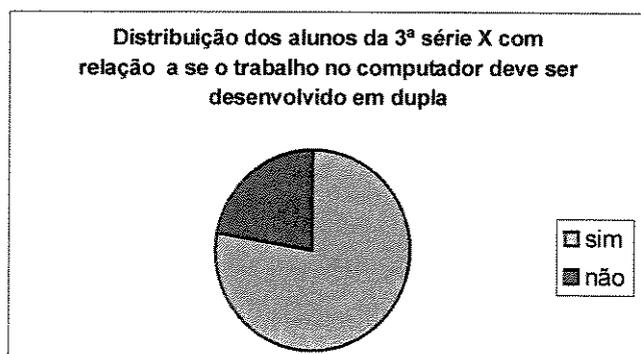
Ainda com os dados obtidos no questionário informativo, pode-se afirmar que o trabalho em duplas ou em grupo é o tipo preferido para o desenvolvimento de atividades. A seqüência de questões a seguir procurava determinar a opinião dos alunos sobre a colaboração de colegas no processo de aprendizagem. A maioria, 69,4%, prefere trabalhar em dupla na resolução de tarefas escolares; apenas 11,1% preferem trabalhar sozinhos e o restante prefere trabalhar com vários colegas.



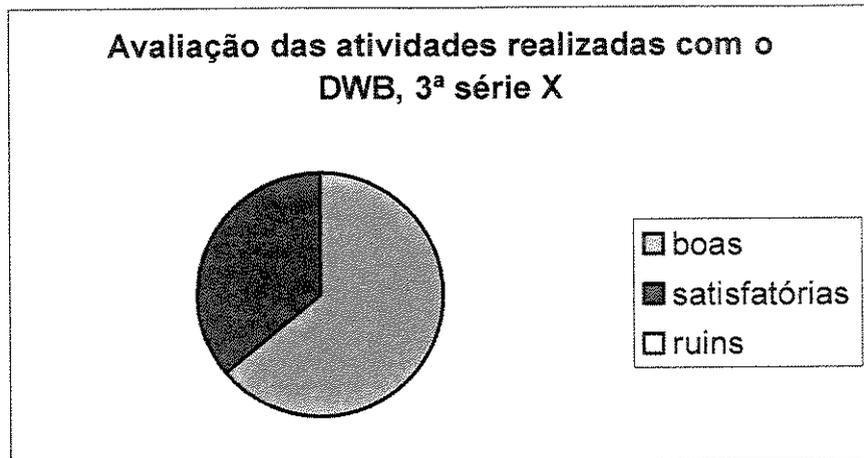
As questões seguintes procuraram determinar a opinião dos alunos sobre como a ajuda entre os colegas ocorre, isto é, se cada um acha que ajuda mais do que é ajudado ou vice-versa. 33,3% consideram que auxiliam os colegas nas tarefas de Matemática mais do que estes lhes ajudam. Em contrapartida, ao serem perguntados de outra forma, consideram que os colegas os ajudam mais nas tarefas de Matemática do que eles os ajudam, apresentando uma resposta positiva de 38,8%, demonstrando, assim, uma incoerência entre as duas respostas. Graficamente, comparando os dois resultados, têm-se:



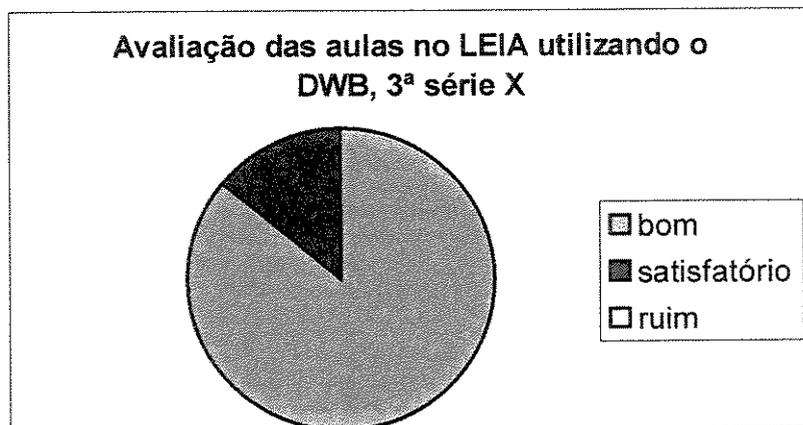
As duas últimas questões procuraram obter a opinião dos alunos com relação ao tipo de trabalho a ser desenvolvido no computador, se em dupla ou individual. A última questão procura reafirmar as questões anteriores sobre o trabalho em conjunto com os colegas como um elemento auxiliar da aprendizagem. O trabalho no computador, segundo 77,8 % da turma, deve ser realizado em dupla. E 83,3% consideram que o trabalho em dupla auxilia na aprendizagem mais do que trabalhar sozinho. Isto corrobora a importância do trabalho em dupla quando se está utilizando o computador.



O questionário informativo procurou também obter informações sobre as atividades realizadas com o DWB. A avaliação dos alunos sobre as atividades propostas também foi muito favorável ao trabalho. 63,9% dos alunos consideraram as atividades boas e 36,1% satisfatórias. A escala de avaliação era composta das alternativas boa, satisfatória e ruim. Nenhum aluno considerou as atividades ruins.



Ao ser solicitada uma avaliação das aulas ministradas no LEIA usando o DWB, 86,1% consideraram boas e 13,9% satisfatórias. A escala para avaliação tinha três níveis: bom, satisfatório e ruim.



7.2 As Categorias de Análise dos Dados Coletados

As categorias para análise do software foram criadas a partir do referencial teórico adotado, ou seja, a Teoria da Atividade. Além disto, o processo de tratamento dos dados, juntamente com a bibliografia estudada a respeito de avaliação de softwares educacionais, possibilitou a criação de três grandes categorias. É importante observar que estas categorias estão intrinsecamente relacionadas, e apenas para efeito de análise são apresentadas separadamente. Na prática estas categorias e suas subdivisões se referem a uma mesma situação, justificando-se sua segmentação apenas como um artifício metodológico de análise.

A primeira categoria criada diz respeito ao *processo de mediação* do software, tendo como sub-itens:

- o **tipo de ambiente educacional** que a utilização do software proporciona (contexto);
- o **trabalho em duplas** e as possibilidades de criação de situações na zona de desenvolvimento proximal;
- a **facilidade** de entendimento dos comandos iniciais do software e seu posterior manuseio.

A segunda categoria refere-se à análise das atividades realizadas e dos relatórios produzidos durante as sessões de trabalho com o DWB. Esta categoria foi denominada de *interação professor-aluno-software* e tem como sub-itens:

- o **tipo de atividade** que o software permite que seja implementada associada às **dificuldades** apresentadas pelos alunos no desenvolvimento dos conteúdos;

- os **relatórios** produzidos pelos alunos nas sessões de utilização do software;
- o **tipo de solução** apresentada pelos alunos, verificando-se a utilização ou não do raciocínio abduutivo (ou plausível).

A terceira grande categoria levantada se refere especialmente aos constructos teóricos da Teoria da Atividade. Nela estão analisadas as situações de detecção da *mudança de ação consciente para operação e vice-versa*.

Na análise dos dados os alunos estão identificados pela letra maiúscula A e por um número. Isto foi feito a partir da transcrição das entrevistas, onde se procurou identificar os alunos por grupos ou duplas que fizeram a avaliação oral dos encontros de utilização do DWB. Não há uma ordem alfabética, apenas a seqüência em que as falas foram registradas.

7.2.1 O processo de mediação do software DWB

Esta categoria, como já observado, está subdividida em três sub-itens. O primeiro relaciona-se ao tipo de ambiente educacional que o software DWB possibilita ser desenvolvido. O segundo item trata do trabalho desenvolvido em duplas e da criação de situações de cooperação entre pares que a utilização do DWB pode possibilitar. E o último aspecto do processo de mediação descreve a facilidade de uso do DWB observada durante o desenvolvimento da pesquisa.

O software DWB, segundo as características descritas por Levacov (1987), é um software aberto, que possibilita a intervenção do professor no processo de criação das atividades que serão desenvolvidas posteriormente.

O DWB também pode ser descrito como um software com características de *ferramenta*, pois, apesar de aparentemente ser restrito a conteúdos

específicos, há uma variedade de atividades que podem ser desenvolvidas com o DWB que extrapolam conteúdos específicos tanto da Geometria quanto da Álgebra.

Retomando uma idéia apontada no início deste trabalho, o software DWB apresenta diversas características próximas à chamada *estética Logo*. Por exemplo, a possibilidade de criação de um ambiente de aprendizagem cooperativo e de construção de conceitos. Outro aspecto em que o trabalho com o DWB se aproxima daquele que pode ser desenvolvido com o Logo está na forma de resolução das atividades com este software. Ao procurar a solução do problema proposto é possível testar hipóteses e refazer o processo de solução a partir das ferramentas disponibilizadas pelo software, tais como a edição de pontos que apresenta a opção *refazer*.

Ao editar um procedimento em Logo para criar um quadrado, há a necessidade de descrição, passo a passo, das características desta figura, isto é, lados com a mesma medida e ângulos retos. O aluno precisa conhecer estas duas propriedades para que a tartaruga produza o desenho. Com o DWB, novamente, para descrever os pontos que ao serem ligados por segmentos de reta irão formar um quadrado, o aluno necessitará retomar estas duas propriedades, porém agora será necessário descrevê-las segundo as regras deste software. A relação agora está na descrição das coordenadas dos pontos e no entendimento de como estes se localizam no plano cartesiano. De novo, há a necessidade do aluno compreender as características que definem um quadrado, só que agora na linguagem das coordenadas, já que esta é a forma de comunicação com o software DWB.

Durante as sessões de utilização do software DWB, os alunos, em diversos momentos, demonstraram dificuldade na descrição do quadrado utilizando coordenadas cartesianas. A partir de suas dúvidas foi possível criar uma situação real de aprendizagem, onde a explicação do professor junto à

experiência de utilização do software permitiu a sedimentação do conhecimento de propriedades e conteúdos anteriormente trabalhados com a classe.

O DWB permitiu que os alunos, já nos primeiros encontros, se sentissem à vontade com seu manuseio e com as atividades propostas. No Diário de Campo da professora, no quarto encontro, encontra-se a seguinte anotação:

“Os alunos estão cada vez mais à vontade no LEIA, assumindo o espaço como um espaço da escola, o que é bastante interessante. Considero que um dos motivos seja a afinidade que eles criaram com o DWB, que pelo jeito atingiu algumas expectativas escolares com relação à representação geométrica de vários assuntos de Matemática.” (Diário de Campo, 19/10/2000).

O experimento, como já descrito, foi elaborado para ser desenvolvido por duplas de alunos. Esta opção foi feita a partir de experiências anteriores de trabalho utilizando a Linguagem Logo. Geralmente, o trabalho em dupla possibilita aos alunos uma maior integração de ações para a execução de uma atividade. Enquanto um se preocupava com o computador, muitas vezes o outro fazia a interação com outros colegas, com o professor, ou buscava formular a “saída” para a atividade proposta. Com exceção de um aluno, e de uma aluna no último encontro, todos trabalharam em dupla na resolução das atividades propostas.

Além disso, a troca de idéias e experiências entre os alunos da dupla permite que um aluno ajude o outro, especialmente por estarem trabalhando na chamada *zona de desenvolvimento proximal*. Lembrando o trabalho de Griffin, Belyaeva & Soldatova (1992), as atividades propostas possibilitaram o surgimento de situações típicas à *zona de desenvolvimento proximal*.

Dos alunos entrevistados, como demonstrado no questionário informativo, a maioria prefere trabalhar em dupla na resolução de tarefas escolares. Durante

as sessões, pode-se observar uma divisão de tarefas entre os alunos, sendo que geralmente um ficava responsável pelo computador e outro auxiliava com idéias. O relato⁷ dos alunos A12 e A13 exemplifica esta observação, além de demonstrar a importância da interação com outro colega para aprender a mexer com o software.

“A12 – Não senti falta de um manual porque estavam todos (as informações) ali! O colega ia explicando,... senão eu teria tido dificuldade sim.

Professora – Se não tivesse professor iria ter dificuldade?

A12 – Acredito que sim.

Professora – E para você A13?

A13 – Eu nem mexi, só fiquei lá do lado olhando. Eu não sei mexer no computador. Mas eu acho que a única complicação era ficar entrando e saindo do programa porque perde muito tempo. Mexer no computador não era difícil... eu que não sei mexer... era uma coisa básica,...

Professora – Você não mexeu porque não deu vontade ou sua colega não deixou?

*A13 – Não... eu tinha vontade, mas como o tempo era curto não tinha como eu ficar tentando mexer porque eu ia me perder... e como ela é mais rápida... então ficava ajudando só fazer os relatórios, ajudando lá na parte de pensar e ela ia mexendo no computador, ia fazendo.”
(Entrevista, 21/11/2000).*

Ao serem questionados sobre o trabalho em dupla, os alunos A17 e A18 responderam:

⁷ Foram mantidas as redações originais dos Relatórios de Atividades, Avaliações Escritas e Transcrições.

"A18 - Foi legal também porque a gente trocava idéia, ambos aprendiam juntos. Mas se cada aluno tivesse um computador, faz a pessoa pensar mais, aí não procura tanto a ajuda, faz mais sozinha, luta mais..., sei lá, acho que neste sentido.

A17 – Acho também a mesma coisa que A18. Acho que cada um no seu computador, vai ser mais..., você não fica pensando "qualquer coisa a outra faz", entendeu?

Professora – Porque vocês acham que em dupla sempre acaba um fazendo e o outro fica meio de lado?

Alunas – É sempre assim."(Entrevista 01/11/2000)

Apesar da dupla apresentar opinião contrária à maioria dos alunos da classe, ao desenvolver o trabalho fizeram sempre em conjunto, mesmo havendo possibilidade de trabalharem em computadores separados.

A relação com o computador foi descrita por algumas duplas, sendo que, para a maioria, esta ferramenta apresenta o caráter de novidade, de dinamismo, de ambiente diferenciado.

Os alunos A22 e A23 apresentaram, durante a entrevista, depoimentos ricos e interessantes de serem analisados.

"A22 – É difícil você pensar com o computador, quando você faz à mão, você faz do jeito que você quiser. Agora corrigir no computador já é mais difícil.

Professora – Por quê?

A22 – Porque ele pensa, sei lá, tem seu programa próprio, então...

Professora – Você tem que seguir as regras dele...

A22 – Isso. E às vezes você não sabe.

Professora – E vocês acham que tem diferença entre uma aula com lousa, professor e giz e uma aula com computador?

Alunos – Tem.

Professora – E qual é a diferença? Você conseguiria me dizer uma diferença fundamental entre estar trabalhando lá com o computador ou estar aqui na sala?

A22 – Eu acho que essa de você pensar junto com o computador, porque às vezes você pensa uma coisa e não é exatamente, porque tem as regras como você falou, então você tem que tentar adequar ao computador.

Professora – E você acha que o computador te ajuda a pensar no problema ou ele acaba te atrapalhando?

A22 – Não sei, às vezes ajuda.

A23 – Não sei, acho que complica. Às vezes você não entende, aí é difícil e você xinga o computador.”(Entrevista, 01/11/2000)

Ao ser questionada se aprenderia mais se o computador fizesse parte quotidianamente da sala de aula, a aluna A22 respondeu:

“Acho que não, porque você perde contato, deixa de ter contato com o professor, com as pessoas, e você vai tendo contato com a própria máquina. Só que eu acho que você raciocina mais no papel. É muito mais fácil fazer coisa no papel que no computador.” (Entrevista, 01/11/2000)

Procurando utilizar esta informação sobre “perder contato” com as pessoas, a professora perguntou como consideravam que deveria ser o trabalho com o computador para que isto não ocorresse, ao que as alunas responderam que a forma seria trabalhar em conjunto. Perguntadas sobre a razão disto, responderam:

“Sozinha ali tudo fica meio superficial e acho um aluno... uma pessoa do lado, acho que você vai trocando idéias e isso é fundamental.”
(Entrevista, 01/11/2000)

Estes depoimentos apontam para situações onde a chamada *zona de desenvolvimento proximal* pôde ser criada durante a realização das atividades com o DWB. Na experiência de utilização do DWB, as relações de diálogo entre os pares de alunos e entre o professor e os alunos foram fundamentais para a criação de situações de análise, representação e descrição para o outro do problema que estava proposto, estimulando o exercício do pensamento reflexivo e a conseqüente aprendizagem de situações novas.

Os alunos aprenderam a manusear o software no início da segunda sessão de trabalho. A partir da explicação inicial dada pela professora os alunos começaram a trabalhar com as primeiras atividades.

Nos registros do primeiro encontro, no Diário de Campo da professora tem-se:

“Primeiramente, vamos ficar muito felizes porque os alunos adoraram o software. Queriam ficar até o final da manhã trabalhando com ele, principalmente depois que descobriram o procedimento de editar ponto e rota (imagina quando trabalharem com a órbita, rotação, etc.). Das seis atividades planejadas, todos resolveram a primeira, imprimiram, ficaram felizes ao ver impresso o relatório (em termos educacionais isto é muito bom, pois aumenta a confiança e o interesse). Sem dúvida, a demora (aproximadamente 40 minutos) deveu-se ao fato de estarem aprendendo a manusear os pontos, o teclado virtual, a rota e como navegar no ambiente do software. Alguns, por não escutarem as informações no início, digitaram o nome na tela inicial, e, é claro, não conseguiam entrar no software. As dificuldades apareceram em relação ao conteúdo matemático propriamente dito. É importante observar que

o objetivo inicial de trabalhar com números complexos nestes primeiros encontros não foi possível. O conteúdo matemático trabalhado acabou se restringindo à localização de pontos no plano cartesiano e à construção de figuras geométricas elementares a partir da relação entre as coordenadas dos pontos.” (Diário de Campo, 05/10/2000).

Grande parte dos dados coletados com os alunos nas entrevistas (cerca de 95% dos dados coletados por escrito ou em entrevista) explicitam a opinião de que o DWB é um software fácil de ser manuseado, e em algumas conversas os alunos demonstram ter sido prazeroso o trabalho com esta ferramenta.

Lembrando o trabalho de Donald Norman (1986), umas das características apontadas para a questão do *design*, por este autor, é a construção de uma interface não apenas útil e fácil, mas também prazerosa para o usuário.

A avaliação escrita dos encontros realizados no LEIA, feita pelo aluno A18, confirma esta observação:

“... bom, o software não é difícil de ser usado, basta prestar atenção no enunciado para poder resolver o exercício, e além de aprender você também se diverte, pois, é uma aula diferente e descontraída...”
(Avaliação Escrita, 01/11/2000)

O aluno A17, em sua avaliação escrita, também apresenta opinião semelhante:

“Eu gostei muito de utilizar o software Designer’s Workbench© (DWB), pois ele não é complicado e faz com que a gente aprenda meio que brincando, pois apesar de ser matéria de escola (Matemática), a gente se diverte ao resolver os exercícios e não é tão complicado para a resolução do exercício como no caderno. O software é bom e fácil de ser

usado até para quem não entende muito de computador” (Avaliação Escrita, 01/11/2000).

Em entrevista, um grupo de alunos declarou que a aula fica mais gostosa ao se trabalhar com o computador, fica um ambiente descontraído:

“A16 – ... lá ninguém conversava assim, todo mundo ficava prestando atenção e... na aula isto não acontece...

A16 – Todo mundo queria aprender e fazer.” (Entrevista, 21/11/2000)

Na entrevista realizada após os encontros, a totalidade dos alunos apontou a facilidade registrada pela professora no Diário de Campo, referido anteriormente. Na primeira entrevista tem-se a seguinte fala transcrita da fita cassete:

“Professora – Em nenhum momento você sentiu dificuldade com o computador?

A1 – Ah, mais prá frente, só quando tinha que usar as variáveis...

Professora – Mas daí é o conteúdo, não o software, do manuseio do software?

A1 – É, de conteúdo, o manuseio do software foi fácil.

Professora – Foi fácil. E você acha que porque você já sabia mexer no computador isso ajudou?

A1 – Foi essencial.” (Entrevista, 01/11/2000).

Nos relatos escritos de avaliação feitos individualmente pelos alunos, observamos novamente que uma das características do software é a facilidade de utilização do mesmo.

No Diário de Campo da professora, encontra-se registrado, no final do segundo dia, a seguinte observação:

“Os alunos estão mais familiarizados com o ambiente, já se organizam para buscar o material impresso, separam a cópia para me entregar e distribuem suas cópias. Além disso, vários alunos começam a auxiliar os outros que têm alguma dificuldade. Fui bastante solicitada pelas duplas, porém algumas vezes, quando demorava a atender, os próprios alunos resolviam o problema.” (Diário de Campo, 11/10/2000).

Esta observação demonstra que o ambiente de trabalho criado pelo software DWB pode ser caracterizado como *colaborativo*, onde os alunos têm possibilidade de discutir seu trabalho com seus pares, e muitas vezes sanar suas dúvidas sem a interferência direta do professor. Como Cobb (1996) afirmou, cada aluno na sala de aula deve ser visto como um reorganizador ativo de suas experiências matemáticas pessoais ou no grupo. No caso do trabalho com o DWB, a possibilidade de discussão entre os alunos na busca de solução para problemas propostos evidencia esta característica apontada por Cobb, além de possibilitar que o aluno confronte suas experiências com outros alunos, criando o que este autor caracterizou como domínios consensuais de aprendizagem.

Ainda na entrevista com os alunos, foi colhido o seguinte depoimento com relação à pergunta se eles haviam achado fácil ou não utilizar o DWB:

“Professora – ... E em algum momento vocês sentiram falta de ter mais informações sobre o software, de ter algum manual ?

A1 - Não, acho que não, o software tava fácil de ser usado, só conteúdo mesmo.” (Entrevista, 01/11/2000)

Apenas alguns alunos apontaram a necessidade de um conhecimento prévio de informática para lidar com o DWB, além de apontar o papel do professor para esclarecer dúvidas, tanto relacionadas ao software quanto ao conteúdo propriamente dito.

“Professora – E você já tinha mexido com computador antes?”

A2 – Já, já tinha feito curso.

Professora – E você acha que é fundamental a pessoa já saber mexer no computador, como, por exemplo, abrir e fechar janelas, abrir o programa do software. Quem não fez um curso iria ter dificuldade em manusear o DWB, ou se bem ‘explicadinho’ no início fica fácil pra pessoa manusear o software?

A2 – Fica fácil, se for bem explicado antes fica muito fácil.

Professora – Fica ?

A2 – Fica, não precisa nem de curso.” (Entrevista,01/11/2000)

Em outra entrevista, tem-se o seguinte depoimento:

“A4 – Achei simples... não tem nenhum segredo, assim até eu que não sei mexer em um computador me dei bem.

Professora – Então é fácil, mesmo para uma pessoa que não tem experiência com computador, mexer com o software. Em algum momento vocês acharam que precisaria ter um manual, alguma coisa por escrito, do lado, para você olhar como faz as coisas ou não?

A4 – Acho que não. Explicando uma vez só já dá pra pegar, já dá pra saber onde tem que clicar...” (Entrevista 21/11/2000).

Estas declarações demonstram que o DWB é um software que não exclui a orientação do professor; ao contrário, esta intervenção é fundamental para o desenvolvimento do trabalho.

Utilizando as categorias criadas por Bellamy (1996) para a análise de ferramentas educacionais, a partir da Teoria da Atividade, quais sejam, *colaboração*, *construção* e *atividades autênticas*, pode-se dizer que o software *Designer's Workbench*® permite, como já demonstrado através das declarações dos alunos, a *colaboração* entre os grupos de trabalho, pois as atividades podem ser realizadas em duplas ou pequenos grupos. Neste caso, a cooperação entre eles é um fator de aprendizagem tanto do software quanto do próprio conteúdo que está sendo estudado. A *colaboração* entre alunos e professor também é um fator relevante na análise do processo de uso deste software. Em diversos momentos os alunos observaram a importância da intervenção do professor para o esclarecimento de dúvidas ou para a solução do problema proposto.

A *construção* de novas interpretações para conteúdos já trabalhados é outro fator observado durante as sessões de utilização do DWB. Como será descrito nas próximas sessões, a linguagem trazida pelo software permitiu a reelaboração de conceitos que já haviam sido estudados, em especial os relacionados ao conceito de quadrado, plano cartesiano e variável. As *atividades autênticas*, descritas por Bellamy (1996), se referem a atividades próximas à realidade. Neste estudo, a preocupação era com conteúdos matemáticos e, de certa forma, o software permitiu, em alguns momentos, reprisar o que deve ser o trabalho de um matemático que, como caracterizou Polya (1954), seria a atividade de formular hipóteses (conjecturas) de solução para um dado problema, testar, tentar, tentar... .

7.2.2 A interação professor-aluno-software

Nesta categoria, procurou-se analisar as atividades que foram propostas pela pesquisa, assim como relatar as dinâmicas de desenvolvimento das sessões que acarretaram mudanças significativas nas atividades originalmente planejadas. Diretamente relacionados às atividades encontram-se os relatórios produzidos pelos alunos, que descrevem a forma como solucionaram os problemas propostos. A análise do tipo de raciocínio utilizado pelos alunos na resolução das atividades é analisada também nesta segunda categoria.

Como já afirmado, os maiores problemas apontados pelos alunos, durante a realização das sessões, se restringiram ao conteúdo matemático, propriamente dito. Ao serem indagados sobre o nível de facilidade ou de dificuldade de utilização do software, os alunos geralmente começavam a reclamar de pontos relacionados ao conteúdo, especialmente do conceito de variável.

Numa das entrevistas, ao aluno foi perguntado sobre a facilidade no uso do software:

“Professora – Em nenhum momento você sentiu dificuldade com o computador?”.

*“A1 – Ah, mais prá frente só, quando tinha que usar as variáveis...”
(Entrevista, 01/11/2000).*

Este mesmo tipo de idéia também é reiterado em outras entrevistas e falas de alunos.

A segunda questão da entrevista com os alunos se referia ao conteúdo matemático especificamente. Era perguntado aos alunos se durante a resolução das atividades com o software eles utilizaram algum conteúdo já visto na escola. A grande maioria deu respostas relacionando as atividades com conteúdos matemáticos como: Geometria, Plano Cartesiano, Figuras

Geométricas, Equação e Variável. Um dos alunos relacionou as atividades com conteúdos de Educação Artística e outro com de Geografia.

Ainda na entrevista, ao serem questionados se haviam aprendido algum conteúdo novo durante a realização das sessões com o DWB, uma parte dos alunos reconheceu que as atividades eram aplicações de conteúdos já vistos anteriormente, outra considerou o conteúdo das atividades como novidade.

É importante observar que a grande maioria dos alunos nunca havia trabalhado com conteúdos matemáticos utilizando softwares educacionais; com isto, a novidade, para muitos, estava mais na forma de apresentação do conteúdo do que no conteúdo propriamente dito. No Diário de Campo, onde anotamos algumas reflexões sobre o andamento do trabalho, encontram-se as seguintes observações:

“... posso dizer que esta primeira fase de aprendizagem do software é também um momento de aprendizagem de uma outra forma de olhar conceitos já trabalhados com giz e lousa, tendo também o caráter de novidade para os alunos.” (Diário de Campo, 20/10/2000)

A aluna identificada neste relatório como A8 declarou que:

“... muitas coisas diferentes, por exemplo, que Matemática não é apenas contas; e que formas geométricas e gráficos não necessitam basicamente de régua, transferidor e compasso.” (Avaliação Escrita, 01/11/2000).

O computador e o software DWB, ao mediar a interação dos alunos com determinado conteúdo, permitem um novo olhar sobre este, um repensar sobre conceitos já firmados, permitindo uma retomada dos

mesmos numa perspectiva nova. Como Tikhomirov (1981) afirmou, o uso do computador nos coloca frente a *reorganização* da atividade humana e ao surgimento de novas formas de mediação, na qual o computador como uma ferramenta da atividade mental transforma e muda a estrutura da atividade intelectual humana (Tikhomirov, 1981: 276-7).

Uma conclusão importante gerada também nesta análise do processo de utilização do DWB diz respeito ao trabalho pedagógico propriamente dito. Mais do que permitir conclusões sobre o processo de aprendizagem dos alunos, esta experiência com o software mostrou a necessidade de um repensar do professor sobre a forma como trabalha os conceitos com seus alunos e o que a tecnologia pode vir a acrescentar ao seu trabalho, possibilitando assim uma reestruturação do mesmo. Novamente, Tikhomirov (1981), quando afirma que um novo estágio da mediação por computador não é um estágio relacionado ao aspecto interno da mediação, mas antes um novo estágio no desenvolvimento da mediação externa ou da função interpsicológica que influencia no desenvolvimento da função intrapsicológica (Tikhomirov, 1981: 277), complementa esta conclusão relacionada ao trabalho pedagógico mediado pelo computador.

“Ao utilizar o DWB percebo que este gera muito mais mudanças no trabalho do professor. O aluno é parte ativa do processo, porém este só ocorre a partir das atividades criadas pelo professor. (...) Estas são criadas a partir do feedback que os alunos oferecem no dia-a-dia de sua utilização.” (Diário de Campo, 20/10/2000).

No desenvolvimento das sessões, as atividades inicialmente programadas foram modificadas em função dos encontros, das discussões e dificuldades encontradas em cada dia. A princípio havia sido planejada uma seqüência de atividades como registrado no Diário de Campo:

“... a princípio, havia elaborado baterias de questões que separei em atividades do primeiro dia, segundo dia, etc., para que os alunos aprendessem a manusear o DWB. No entanto, pude observar que, além de manusear o software, eles estavam aprendendo conceitos novos, ou pelo menos estavam vendo conceitos já aprendidos sob uma nova perspectiva. Havia atividades elaboradas para o quarto, quinto e sexto dias, que tratam de números complexos. Porém, desde o primeiro encontro, estas questões foram reelaboradas e novas foram introduzidas para que os alunos pudessem trabalhar não com o DWB, mas com conteúdos de Matemática que eu pensava já estarem apreendidos por eles.” (Diário de Campo, 20/10/2000).

Seguindo o relato do desenvolvimento das sessões, as primeiras atividades não apresentaram problemas; elas seguiam o objetivo de introduzir o software com suas ferramentas básicas. Assim, as duas primeiras atividades foram:

a1. Usando o teclado virtual faça a edição dos seguintes pontos:

A (-100, 0) B (100, 0) C (0, 100) D (0, -100)

No **editor de ponto**, ligue os pontos A e B e os pontos C e D.

a2. Marque os pontos : A (0, 0) B (0, 200) C (200, 200) D (200, 0) E=A

No **editor de rota**, ligue os pontos para formar a rota ABCDE.

A terceira atividade apresentava uma nova ferramenta: a Galeria das Curvas.

a3. Marque QUATRO pontos quaisquer, modifique suas coordenadas de tal forma que ao ligar estes pontos UTILIZANDO A GALERIA DAS CURVAS a figura produzida seja um quadrado.

Além disto, esta atividade solicitava aos alunos que modificassem as coordenadas, de tal forma que a figura produzida, ligando-se os vértices, fosse um quadrado.

Várias duplas tiveram dificuldades na modificação dos pontos. Muitos utilizaram as coordenadas do exercício anterior, gerando assim o mesmo quadrado da segunda atividade. Uma observação importante se refere ao fato dos lados serem sempre “colados” aos eixos cartesianos. Apenas uma dupla produziu um quadrado sem esta característica. Com isto, para o próximo encontro, uma nova atividade foi sugerida, qual seja, construir um quadrado com lados que não ficassem sobre aos eixos. Nesta atividade os alunos também tiveram que relembrar as características do quadrado,

“Outro dado importante que observei relaciona-se ao fato de que, ao perguntar aos alunos quais as características de um quadrado, como se desenha um quadrado, as operações (no sentido da Teoria da Atividade) tiveram que voltar ao nível consciente e tornaram-se novamente ações. E, a partir da reflexão sobre a ação pude observar alguns alunos fazendo analogias com situações semelhante propostas em exercícios anteriores.” (Diário de Campo, 30/10/2000).

Esta terceira atividade foi importante para análise dos dados utilizando Teoria da Atividade. Esta discussão é feita posteriormente, quando se procura identificar as ações conscientes e as operações observadas durante a realização da atividade.

A atividade 4 introduz o parâmetro variável e a partir daí ficaram patentes as dúvidas dos alunos com relação a este conceito. Aparentemente, neste primeiro exercício, através da ajuda entre as duplas, a maioria conseguiu solucionar a atividade; porém, na resolução da Atividade 5, o problema de entendimento do significado de variável novamente aparece.

a4. Crie a variável real x e atribua um valor para ela. Crie os pontos:

$A(0, 0)$ $B(0, x)$ $C(x, x)$ $D(x, 0)$ $E=A$

No editor de rota crie a rota ABCDE.

Qual a diferença principal que você observa nesta nova definição?

No Caderno das listas, modifique o valor da variável, peça para redefinir o desenho e observe

a5. Com o mesmo princípio de definição de pontos e edição de rota ou pontos, faça um retângulo de lados 100 e 200.

Em seguida utilize as variáveis para definir retângulos de vários tamanhos.

No Diário de Campo encontramos as seguintes anotações sobre a resolução desta atividade:

“Várias duplas solicitaram ajuda para definir o retângulo. Talvez o enunciado da atividade não esteja claro o suficiente. Além disso, utilizei lápis e papel para explicar o que o problema estava pedindo. O exercício que utiliza variável para o desenho de um retângulo de tamanho qualquer foi concluído por poucas duplas. Uma das duplas não entendeu o significado da palavra variável, e criou vários retângulos numa mesma tela utilizando pontos diferentes e tamanhos

de comprimento e largura também variáveis.” (Diário de Campo, 18/10/2000).

Após a realização deste encontro, foi discutido com o autor do software o andamento das atividades e, na Correspondência Eletrônica do dia 18 de outubro, foi informado o seguinte sobre o andamento dos encontros:

“Com relação ao andamento do conteúdo matemático propriamente dito, tenho observado que:

1. Devido ao pouco trabalho que se faz na escola, em termos geométricos, eles têm uma certa dificuldade em enxergar a figura associada às coordenadas do vértice. Lembre-se que as atividades até agora são muito simples: localização de pontos, construção de figuras geométricas básicas.

2. Hoje conversei com eles sobre pontos arbitrários e derivados. Só agora a maioria começou a perceber o que significa um ponto ficar definido em função de outro.

3. A atividade proposta de construir um retângulo de tamanho variável (variando a coordenada do vértice inicial, o comprimento e largura) está fazendo com que eles reflitam sobre o que significa uma variável e como é o padrão das coordenadas para formar um retângulo.

4. Com estas observações começo a ficar preocupada com o desenvolvimento do conteúdo referente aos números complexos mais especificamente.

5. Acho que as discussões que temos feito de assuntos elementares estão sendo ricas em termos pedagógicos, assim não gostaria de quebrar o ritmo que estamos tendo.

6. Havia planejado atividades iniciais com números complexos para serem realizadas amanhã. No entanto, eles ainda não trabalharam com

o ponto médio, nem com o baricentro. Acho que vou deixar o assunto dos complexos para a próxima semana. (assim dá tempo de instalar a nova versão).

7. Além disso, temos o problema do tempo, os alunos viriam aqui só no mês de outubro, talvez tenha que reformular isso e programar alguma atividade para o final de novembro para experimentarmos estas novas atividades (sem comentário por enquanto, pois não pude estudá-las ainda).” (Correspondência Eletrônica, 18/10/2000).

Novamente, no dia 19 de outubro, o conceito de variável foi trabalhado na sessão; no Diário de Campo novamente registramos a preocupação com esta idéia e seu entendimento pelos alunos.

“Hoje trabalhei novamente com a idéia de variável e o que significa este conceito para a generalização de um resultado. Mesmo após a discussão, alguns alunos, ao resolverem a atividade do retângulo utilizando variável, demonstraram não ter entendido. Ainda queriam continuar utilizando valores numéricos na definição de pontos.” (Diário de Campo, 19/10/2000).

Após o encontro do dia 19 de outubro, a preocupação com relação ao entendimento dos alunos sobre o conceito de variável continuou:

Professora - “A respeito da dificuldade dos alunos em entender a variável, acho que uma das causas está na falta de discussão com eles sobre o que significa a idéia de variável em outros momentos, especialmente quando estudam função. Geralmente este assunto é tratado da maneira mais formal possível, e com certeza os alunos aprendem a responder mecanicamente as questões e não entendem o

seu significado. Lembrando da minha experiência como aluna, acho que aconteceu mais ou menos isto comigo." (Correspondência Eletrônica, 20/10/2000).

As atividades para a semana seguinte foram reformuladas a partir de sugestões feitas pelo professor Mammana:

Prof. Mammana - "Você começou com um retângulo onde há DUAS variáveis (comprimentos dos lados) e uma mistura de pontos com números. Experimente começar com algo mais simples como construir um segmento horizontal de comprimento dado. Neste caso, você pode contrapor pontos a variáveis. Trate o ponto como um objeto onde se registram as coordenadas das extremidades do segmento e a variável como o "lugar" onde fica registrado o comprimento que se deseja. Mostre as vantagens de manter esses registros independentes: você pode alterar o comprimento sem modificar a origem do segmento ou modificar a origem dele, sem alterar seu comprimento. Um segmento horizontal AB pode ser definido de forma bem simples fazendo, por exemplo, A arbitrário e $B = A + [x, 0]$, onde x é uma variável real. Poderíamos fazer isso de uma forma mais simples, escrevendo $B = A + x$, mas temo que, se você começar por aí, quando chegar a hora de construir um segmento vertical, para o qual $B = A + [0, y]$, eles ficariam confusos. Deixe para depois ensinar o truque de trocar $[x, 0]$ por x . Resolvidos, independentemente um do outro, os problemas de construção dos segmentos horizontal e vertical, aí você estaria em condições de atacar o problema de construir, primeiro um quadrado de lado dado e, somente então, o problema da construção de um retângulo de lados dados." (Correspondência Eletrônica, 20/10/2000).

Estas informações demonstram a dificuldade que os alunos apresentaram na mudança de linguagem que ocorreu quando tiveram que resolver um exercício usando o DWB. O conceito de variável e sua utilização em uma dada situação, utilizando lápis e papel, era dominado pelos alunos; porém, ao ter de utilizá-lo numa situação nova, encontraram dificuldades. Assim, se pode afirmar que para utilizar o DWB o aluno tem que efetivamente dominar o conteúdo, no sentido de ser capaz de transpor conceitos para situações novas, e não apenas dominar operações mecânicas. Esta característica observada durante o desenvolvimento das sessões, reitera a hipótese inicial deste trabalho, qual seja, a de que o DWB é um software apropriado para o estudo e desenvolvimento de conceitos matemáticos.

A partir das sugestões enviadas pelo professor Mammana, as atividades foram reorganizadas conforme Correspondência Eletrônica de 23 de outubro:

“Reorganizei as atividades desta semana partindo das sugestões sobre os segmentos variáveis. Acho que vale a pena retomar o assunto.”
(Correspondência Eletrônica, 23/10/2000).

As atividades ficaram então da seguinte forma:

a14. Construa um segmento horizontal AB cujo ponto inicial seja $A(-100, 100)$ e o comprimento seja 200.

Escreva no relatório como você resolveu esta questão.

a15. Construa um segmento horizontal de ponto inicial $A(-100, 100)$ e tamanho variável.

a16. Considere a atividade 14 e refaça utilizando variáveis para representar o ponto de origem.

a17. Desenhe um segmento vertical de origem $A(-200, 100)$ e tamanho 250.

a18. Construa um segmento vertical de origem $(-250, 100)$ e tamanho variável.

a19. Construa um segmento vertical de origem variável e tamanho variável.

a20. Numa mesma tela, crie dois segmentos horizontais de tamanho variável e dois segmentos verticais de tamanho 100 e origem variável.

Descreva passo a passo como você resolveu esta atividade.

No Diário de Campo referente ao último encontro, está registrada a seguinte informação sobre as atividades:

“Encerramos os encontros sem trabalhar com o baricentro. Aliás é interessante observar que o objetivo inicial de trabalhar o conceito de número complexo na sua forma geométrica não foi nem tocado. Durante a dinâmica do trabalho, este objetivo foi repensado e redimensionado para o trabalho com o conceito de variável e para o estudo de figuras geométricas como quadrado, retângulo e triângulo, além de medida de segmentos.” (Diário de Campo, 26/10/2000).

Novamenté, é importante salientar que, no início da pesquisa havia uma preocupação em detectar, durante a utilização do DWB, situações que demonstrassem o quanto esta ferramenta facilitaria a aprendizagem do aluno.

No entanto, os dados indicam que anterior ou concomitante à questão da aprendizagem, encontra-se o aspecto do trabalho pedagógico que deve ser desenvolvido pelo professor.

A utilização deste software como ferramenta pedagógica permite ao professor um repensar sobre sua prática, a partir das situações do dia-a-dia, demonstrando que, ao invés de diminuir ou até mesmo eliminar a relação professor-aluno, imagem tantas vezes apontada nas discussões sobre a utilização do computador na sala de aula, reforça-a ainda mais, dando a esta relação uma qualidade diferenciada.

Esta experiência demonstrou também que, a partir da relação *professor – aluno – ferramenta*, é possível criar condições favoráveis à aprendizagem tanto do aluno quanto do professor. Esta conclusão é apoiada por vários depoimentos dos alunos, que relatam, nas avaliações escritas e nas entrevistas realizadas, momentos em que o ambiente e a relação criada entre eles, o professor e o computador foi importante na re-significação de conceitos anteriormente estudados. Para o professor, como apontam as observações do Diário de Campo, possibilitou uma reflexão sobre a prática na sala de aula.

Com o objetivo de resgatar a maneira como cada dupla solucionava os problemas, foi disponibilizado, como descrito anteriormente no capítulo 5 deste trabalho, no mesmo ambiente do DWB, um editor de texto com espaço para o aluno fazer um relatório da solução do problema proposto. Assim, ao finalizar uma atividade, a dupla precisava descrever sua forma de resolução do problema.

Um recurso gerado juntamente com o relatório permitiu analisar a descrição feita pelos alunos. Este recurso é o *programa*, onde os pontos, as variáveis, as curvas e a rota utilizadas na solução do problema são impressos automaticamente ao ser gerado o relatório. Com isto foi possível avaliar se a descrição dada pela dupla estava de acordo com os passos registrados no *programa*. A comparação entre estes dois momentos do relatório, ou seja, a descrição do aluno e o registro do *programa*, permitiram o levantamento das

dificuldades encontradas pelos alunos no conceito de variável. Ao todo foram entregues 299 relatórios impressos durante as seis sessões de trabalho, sendo que, numa primeira seleção, descartaram-se os relatórios entregues em duplicata, restando 282 relatórios para análise. Em termos de arquivos, há 347 arquivos de relatórios gerados durante os encontros. Considerou-se nesta análise apenas os arquivos impressos pelos alunos.

A maior quantidade de relatórios de uma atividade específica foi 17. Considerando-se que o trabalho era em dupla, isto corresponde a uma média de 34 alunos num total de 39. É importante lembrar que as sessões foram realizadas no período normal de aula; com isto, as faltas, que nas aulas regulares na escola ocorrem normalmente, também apareceram na produção dos relatórios.

Inicialmente, observa-se que, à medida que os alunos passam a dominar o software, o número de relatórios aumenta. Entretanto, é importante observar que no penúltimo encontro, quando foi gerado o maior número de relatórios, atividades mais simples foram propostas com o objetivo de retomar o assunto “variáveis”. No último dia, as atividades eram relacionadas ao estudo de triângulos, e o número de relatórios – 73 – também foi significativo. Estes dados e os que vêm a seguir apresentam um perfil quantitativo destes relatórios.

Adotando como parâmetro de comparação a quantidade 17, que foi o número máximo de relatórios entregues por atividade, e considerando as atividades propostas, obtivemos os seguintes percentuais de relatórios entregues por atividade:

**PERCENTUAL DE RELATÓRIOS ENTREGUES NAS SESSÕES DE
UTILIZAÇÃO DO DWB**

Atividade	Percentual de relatórios entregue
a1	76,47%
a2	100%
a3	100%
a4	76,47%
a5	29,41%
a6	100%
a7	94,11%
a8	64,7%
a9	82,35%
a10	41,17%
a11	47,05%
a12	35,29%
a13	5,88%
a14	82,35%
a15	100%
a16	94,11%
a17	70,58%
a18	64,7%
a19	47,05%
a20	94,11%
a21	94,11%
a22	82,35%
a23	70,58%
a24	29,41%
a25	29,41%
a26	35,29%
a27	11,76%

Tendo em vista que os alunos podiam retomar alguma atividade pendente da aula anterior, estão sendo considerada, nesta tabela, a soma dos relatórios de uma mesma atividade entregues em diferentes dias.

Na primeira sessão, foram realizadas apenas as atividades a1 e a2, sendo que o índice de entrega dos relatórios foi 70,58% para a atividade a1 e 17,64% para a atividade a2. No segundo dia de trabalho com o DWB, os alunos retomaram a atividade a2 e trabalharam com mais três atividades novas: a3, a4

e a5. Os percentuais de entrega destas atividades foram: a2 - 82,35%, a3 - 100%, a4 - 76,47% e a5 - 29,41%.

Na terceira sessão, novas atividades foram implementadas a partir do que havia sido realizado nos encontros anteriores e uma nova seqüência de atividades foi iniciada. Neste dia, os alunos trabalharam com quatro atividades: a6, a7, a8 e a9. Os percentuais de entrega de relatórios foram de 100% para a6, 88,23% para a7 e 35,29%, para as atividades a8 e a9.

Na sessão seguinte, os alunos retomaram as atividades a8, a9 e foram realizadas as atividades a10, a11, a12 e a13, em média se obteve 7 relatórios por atividade, que em termos percentuais correspondem a 41,17%. Nesta sessão ficou claro para a professora que, apesar de terem entregado os relatórios com o conceito de variável nas aulas anteriores, a grande maioria dos alunos apresentava muitas dúvidas. Outro conteúdo tratado nestas atividades e que merece destaque é a conceituação de eixos cartesianos, pois os alunos embora já houvessem trabalhado este assunto em anos anteriores, ao realizarem a atividade proposta referente a este assunto apresentaram muitas dúvidas.

A partir destes encontros, as duas últimas sessões de trabalho com o DWB foram replanejadas com o objetivo de esclarecer as dúvidas referentes às variáveis. As atividades a14, a15, a16, a17, a18, a19 e a20 foram planejadas com o intuito de retomar o significado de parâmetro variável. Podemos caracterizar o as questões a14, a15 e a16 como sendo as atividades básicas desta retomada do assunto. Estas propunham o desenho de um segmento horizontal de tamanho variável e ponto de origem variável. As atividades a17, a18 e a19 tinham o mesmo objetivo, porém tratavam de segmentos verticais. A atividade a20 unia os conceitos trabalhados nas seqüências anteriores. O índice percentual de entrega destes relatórios foi bastante alto, sendo que no primeiro grupo a média de relatórios entregue teve um índice de 92,15%. O segundo grupo de atividades (segmento vertical) foi de 60,78%. A última atividade teve um índice de entrega baixo, já que apenas 17,64% das duplas entregaram o

relatório. No entanto, esta atividade foi retomada no encontro seguinte, quando mais 76,47% das duplas entregaram o relatório, o que fez o índice do total de entrega chegar a praticamente 100%.

O último encontro teve como atividades novas a21, a22, a23 a24, a25, a26 e a27. O objetivo foi trabalhar com triângulos e ponto médio dos lados de um triângulo. Procurava-se criar condições para trabalhar com o conceito de baricentro do triângulo e utilizar a galeria de pontos do DWB para possibilitar aos alunos a demonstração deste conceito. As atividades a21 e a22 retomavam as atividades já propostas no terceiro encontro (a12 e a13), mas que apresentaram, segundo a tabela exposta, um baixo índice de entrega dos relatórios. As atividades a21, a22 e a23 tiveram, respectivamente, os percentuais apresentados na tabela, isto é 94,11%, 82,35% e 70,58%. As quatro últimas atividades foram entregues por um número bem menor de duplas, sendo entregues em média 35,29% de relatórios.

A partir da frequência de entrega de relatórios e do que é afirmado naqueles que foram entregues, se pode inferir que quanto maior a dificuldade dos alunos em trabalhar com a atividade, menor é o número de relatórios entregues. No entanto, a partir das observações feitas durante os encontros e da leitura destes relatórios, a professora pôde detectar que o fato de estar entregando o relatório não significava que a dupla estivesse efetivamente entendendo a solução para a atividade. Algumas vezes houve cópia de resultados de outros colegas, ou então a abordagem dada para a solução do problema era superficial, como indicam alguns relatórios. Como foi deixado a critério dos alunos a forma de expressão da solução encontrada, muitas duplas se detiveram na descrição mecânica do procedimentos que realizavam com o software para desenvolver a atividade, e somente em alguns casos os alunos descreveram o processo de raciocínio que utilizavam na solução do problema proposto.

Na transcrição da entrevista com os alunos A4 e A5 encontram-se os seguintes depoimentos com relação ao relatório:

“A5 – Acho que o relatório é meio chato.

A4 – ter que escrever, assim...

Professora - Por quê ?

A4 – Ah, ter que ficar falando tudo de novo, o que fez, falando processo por processo, assim.

Professora – Mas por que é chato ?

A5 – Por que sempre fazia mais ou menos a mesma coisa. Achava os pontos, depois ia na galeria de pontos... aí tinha que escrever, sempre a mesma coisa, só tinha alguns que mudavam.

Professora – Se o relatório fosse mais específico de Matemática...? Por exemplo, fazer os cálculos para determinar os pontos. Vocês acham que isso complementaria a atividade ou não?

A5 – Acho que sim. Seria interessante poder fazer a conta, colocar no relatório porque também teve que fazer conta por fora...”(Entrevista, 21/11/2000).

Esta opinião é reiterada pelo aluno A4 na sua avaliação escrita :

“Eu também não gostei de fazer os relatórios: era muito chato. Esse relatório poderia ser eliminado, não faria muita falta.” (Avaliação Escrita, 01/11/2000).

No entanto, nem todos os alunos têm esta opinião sobre os relatórios. Na avaliação escrita do aluno A3 encontra-se a seguinte afirmação:

“Entendemos melhor os exercícios que foram passados porque, depois que terminávamos, tínhamos que fazer um relatório sobre como tínhamos feito o exercício. Isso ajudou muito.” (Avaliação Escrita, 01/11/2000).

A afirmação deste aluno permite que se infira que o objetivo do relatório, qual seja, de que ele fosse um momento de reflexão do aluno sobre a solução dada para o problema proposto, foi entendido, pelo menos por alguns dos alunos. Isto também é verificado quando se analisa os textos de relatório de várias duplas que procuram descrever a solução do problema proposto utilizando para isso uma linguagem próxima àquela utilizada nos textos de Matemática.

A partir da dinâmica desenvolvida nos encontros foi possível observar uma preocupação bastante grande dos alunos para entregar o relatório, já que muitos consideravam que este seria o instrumento de avaliação de seu desempenho nas aulas. Esta observação é importante porque sugere que os alunos estavam considerando estes encontros como aulas regulares na escola. De uma certa forma, a mudança de local onde a aula acontecia aos poucos foi sendo incorporada pelos alunos e o ambiente de sala de aula não foi perdido.

A análise qualitativa dos relatórios demonstra, também, a preocupação dos alunos em descrever como utilizaram as ferramentas do software para solucionar o problema, mais do que em descrever seu processo de raciocínio para a resolução do mesmo. No entanto, se for levado em conta que ao solicitar aos alunos que descrevessem a forma de solução para o problema proposto, não se deixou claro que esta descrição se referia ao conteúdo matemático, a resposta dos alunos é pertinente, já que a novidade era sem dúvida o manuseio do DWB. Por outro lado, talvez se possa supor que, ao descreverem o manuseio do DWB, nada mais fizeram do que expressar a forma de apreensão de uma nova

linguagem, o que também envolve a apreensão de uma outra forma de conhecimento.

O objetivo de análise destes relatórios, como já informado, era buscar elementos que permitissem uma avaliação do tipo de raciocínio utilizado pelo aluno para solucionar o problema proposto. A procura de indícios quanto à utilização de hipóteses, analogias e induções para solucionar problemas era uma etapa que se supunha ser possível detectar através dos relatórios. Esta suposição é pertinente, porém a falta de experiência dos alunos em descrever seu pensamento ou, talvez, a preocupação dos alunos em descrever o que no momento mobilizava a sua atenção e raciocínio, ou seja, o domínio de uma nova linguagem, dificultou a formulação de conclusões a partir destes relatórios.

Os relatórios, em geral, têm o formato do seguinte fragmento do relatório da segunda atividade, realizada pela dupla A22 e A23:

“Entramos no programa, recolocamos os valores dos pontos no plano cartesiano formando a figura acima. Iniciamos isso da seguinte forma: procuramos nosso nome, selecionamos o exercício 12, depois entramos na tela que exhibe o plano cartesiano e os pontos. Colocamos os valores $A=[0, 0]$, $B=[0, 200]$, $C=[200, 200]$, $D=[200, 0]$ e $E=A$. O computador localizou os pontos, juntamos ABCDE, depois entramos no trabalho e colamos a figura.” (Relatório de atividade da dupla A22-A23, 11/10/2000).

Como pode ser observado, os alunos descrevem passo a passo o caminho de navegação no software para solucionar o problema proposto. Esta questão, por ser uma das primeiras, tinha o objetivo de familiarizar os alunos com as diversas operações do software, assim sua resolução correspondia a uma descrição como esta. No entanto, ao analisar as questões posteriores, muitos relatórios apresentam o mesmo padrão de descrição das operações do software

e não da solução matemática propriamente dita, o que talvez corrobore a suposição feita acima sobre a preocupação dos alunos em dominar uma nova linguagem. O relatório da terceira atividade apresentado pela dupla A6 e A8 exemplifica o aspecto observado:

“Primeiramente fomos no programa edu_dwb e marcamos quatro pontos quaisquer, demos as coordenadas certas para formar um quadrado e depois marcamos utilizando a galeria de curvas.” (Relatório de atividade da dupla A6-A8, 11/10/2000).

A mesma dupla na quinta atividade apresenta o seguinte relatório

“Nós reabrimos o programa, marcamos os pontos, demos as coordenadas conforme o pedido com 100 e 200. Nos pontos marquei a reta com a galeria de curva.” (Relatório de atividade da dupla A6-A8, 11/10/2000)

Tanto a execução da terceira quanto da quinta atividade implicavam que o aluno calculasse as coordenadas para a criação tanto de um quadrado quanto de um retângulo com as medidas solicitadas. No entanto, pode-se apenas inferir que a dupla realizou estes cálculos, uma vez que a figura produzida era a solicitada e no relatório não há o registro explícito de que algum cálculo tenha sido feito.

A dupla formada pelos alunos A1 e A2 utilizou os relatórios para fazer comentários sobre as aulas. Geralmente eram observações engraçadas de como resolveram o problema, porém em alguns momentos indicaram algumas situações interessantes, como por exemplo, a importância do acompanhamento da professora na resolução da atividade a7:

“Atribuimos valores para o ponto A, no caso [300, 300], a partir destes valores criamos outras coordenadas somando os valores dados para formar um retângulo. Não tínhamos entendido direito no começo mas com a sua ajuda meiga e útil no final obtivemos sucesso, obrigado ‘fessorinha’...” (Relatório de Atividades da dupla A1-A2, 18/10/2000)

A atividade a10 pedia aos alunos que descrevessem o processo para determinar as coordenadas do ponto de interseção de duas retas. Quatro duplas descreveram o processo analítico de resolução do problema, ou seja, mencionaram que a partir das equações das duas retas eles resolveriam o sistema de equações e encontrariam o ponto procurado. A dupla formada pelos alunos A31 e A34 descreve esta solução analítica.

“Nesta atividade foram criados quatro pontos. Utilizando esses pontos foram traçadas duas retas que se cruzam. Para se achar o ponto em que elas se cruzam, deve-se achar as equações das duas retas. Para isso pode-se utilizar uma matriz 3x3 com as coordenadas nas primeiras duas linhas e as variáveis x e y na última linha. Nesta matriz foi utilizada também uma coluna com 1. Achando essas duas equações, monta-se um sistema para achar o valor de x e um de y que satisfaça as duas equações. Esses valores são as coordenadas do ponto de interseção das duas retas, indicada pelo ponto M.” (Relatório de Atividades dos alunos A31-A34, 19/10/2000).

No entanto, apesar de não terem registrado no relatório, esta mesma dupla descobriu que na galeria de pontos existe um botão que determina o ponto de interseção das retas. Pode-se observar esta descoberta (já que a professora não havia trabalhado com este botão) na descrição do *programa* registrada no mesmo relatório, onde se encontra assinalada a utilização deste

recurso. Esta situação evidencia o fato dos alunos, independente do problema proposto solicitar ou não determinada ferramenta do software, pesquisaram os recursos existentes no software que estavam utilizando.

Estas observações também reforçam a importância do relatório enquanto instrumento para análise, por parte tanto do professor quanto do aluno, do desenvolvimento da solução encontrada para o problema proposto.

Um dos objetivos no desenvolvimento da pesquisa era observar o tipo de raciocínio utilizado pelos alunos na solução dos problemas propostos. A intenção era utilizar o relatório de atividades entregue pelos alunos no final de cada sessão como instrumento de análise deste processo.

Para analisar os relatórios foi feita uma classificação inicial a partir do tipo de descrição dada pelas duplas. Neste processo foram selecionados os relatórios que apresentavam alguma descrição matemática da solução encontrada, ou que apresentaram resultados que supunham o uso de cálculos ou conceitos matemáticos. Desta primeira classificação obtiveram-se 170 relatórios (corresponde a 60,3%) do total de 282. Destes 170 relatórios, após um segundo momento de análise, foram selecionados 106 (correspondendo a 37,6% do total) que apresentavam efetivamente uma descrição matemática explícita ou implícita da resolução do problema. Ainda a partir dos 170 relatórios, foi feita uma classificação dos relatórios seguindo o critério das duplas, ou seja, separou-se os 170 em função das duplas que se mantiveram durante as sessões. Seguindo este critério foram separados 122 relatórios que correspondem ao trabalho de 9 duplas e do trio que participaram das sessões, sendo que nestes 122 estavam incluídos os 106 já referidos.

Como observado anteriormente, do total de relatórios analisados, aproximadamente 38% apresentaram uma descrição além das operações manuais envolvendo o manuseio do DWB, descrevendo ou procurando descrever em termos matemáticos a forma de solucionar o problema encontrada pela dupla. Ainda assim, estes relatórios apresentam poucos detalhes e para se

chegar a indícios sobre como os alunos solucionaram o problema foi necessário recorrer a outras fontes de informação como o item *programa*, impresso juntamente com o relatório. Talvez por estarem aprendendo uma nova linguagem, os alunos necessitassem mais tempo para resignificá-la num contexto mais abstrato de descrição do raciocínio.

A seguir são transcritos alguns trechos dos relatórios selecionados, entre os quais se pode observar casos em que aparece uma descrição um pouco mais detalhada da resolução do problema e outros em que apenas se pode inferir o tipo de raciocínio utilizado, bem como as operações realizadas com o software.

Os relatórios das primeiras 3 atividades descrevem ou deveriam descrever especialmente as operações que devem ser realizadas com o DWB para produzir a figura solicitada. A partir da quarta atividade começa a ser solicitada a resolução de problemas que exigem conhecimentos específicos de Matemática.

A solução para a sétima atividade proposta foi descrita no relatório do trio formado pelos alunos A3-A10-A11 da seguinte forma:

“Arrastamos quatro pontos com o teclado virtual e demos uma coordenada para o ponto $A=(60, 50)$; a partir daí para sabermos quais eram os outros pontos somávamos os valores que já haviam sido dados no ponto A com os valores que estavam citados no enunciado do exercício 300 e 50. Depois disso, os outros pontos são os seguintes: $B(60, 100)$, $C(360, 50)$, $D(360, 100)$. Depois disso, unimos os pontos com o auxílio da galeria de curvas e do editor de rota. Depois colamos a figura e fizemos o relatório.” (Relatório de Atividades A1-A10-A11, 18/10/2000).

A dupla de alunos A4-A5 apresentou como relatório da mesma atividade a seguinte descrição:

“Para formar um retângulo de lados 300 e 50, escolhemos as letras e seus valores: $F(10, 310)$, $G(10, 10)$, $H(60, 10)$, $J(60, 310)$ e $K(10, 310)$. Fomos na “galeria de curvas”, unimos os pontos e conseguimos obter a figura desejada.” (Relatório de Atividades da dupla A4-A5, 18/10/2000).

Ao analisar estes dois relatos, observa-se que no primeiro há a menção explícita da soma para a obtenção das coordenadas para formar o retângulo solicitado. No segundo isto só pode ser inferido, já que os alunos apresentam apenas os valores das coordenadas. Da mesma forma, as operações que devem ser realizadas com os recursos do software são descritas no primeiro relato de forma mais completa; no segundo apenas pelo resultado final é possível inferir que estas operações foram realizadas.

No Diário de Campo encontramos o seguinte registro que sugere uma possível necessidade de amadurecimento dos alunos neste novo ambiente de aprendizagem:

“Os alunos continuam interessados em solucionar os problemas. Hoje pude observar que a independência deles com relação ao software está cada dia maior. Observei também que vários alunos não aplicam o que foi feito (em termos de conteúdo matemático), em uma atividade anterior, numa outra situação. Diria que mais da metade da turma fez perguntas similares sobre questões já solucionadas em outras atividades.” (Diário de Campo, 26/10/2000).

No entanto, a análise dos relatórios agrupados por duplas ou trio indicou que quatro duplas fizeram referência a exercícios anteriormente resolvidos.

A dupla de alunos A1-A2, descreveu no relatório da vigésima terceira atividade o seguinte:

“Formamos um triângulo como no exercício anterior, como o enunciado pedia, criamos um triângulo com três pontos distintos, no caso A, B, C, a diferença é que colocamos um ponto médio arrastando o ponto M para a tela cinza e ligando os pontos A, C.” (Relatório de Atividades da dupla A1-A2, 26/10/2000).

A dupla de alunos A27-A28 foi a que mais se referiu a exercícios anteriormente resolvidos. Após a descrição da sexta atividade, em detalhes, no relatório da sétima atividade encontra-se o seguinte:

“... o procedimento é o mesmo do problema anterior só que agora formando um retângulo de lados 300 e 50.” (Relatório de Atividades da dupla A27-A28, 18/10/2000).

Ao obter um relato sucinto como este, o professor necessitará analisar o relatório da outra atividade para avaliar o trabalho do aluno.

Num único registro do Diário de Campo encontramos uma referência à possibilidade de alguns alunos estarem utilizando o raciocínio por analogia na resolução dos problemas propostos:

“O aluno A34 talvez tenha sido o que mais produziu em termos de trabalho. Ainda não li os relatórios, mas me pareceu que ele realmente descreve a sua forma de resolver o problema. Pelo que pude perceber das conversas entre os alunos, ele tem muita facilidade com o computador e deve inclusive trabalhar com outros aplicativos em casa. Em classe ele é bastante tímido e quase nunca ouvi a voz dele. Aqui no

LEIA ele, várias vezes, perguntou sobre as atividades, diferente do que ocorre na escola. As alunas A5 e A6 também me pareceram bastante envolvidas com as atividades e pelo que percebi faziam as ligações entre as atividades. Os alunos A27 e A28 também pareceram bastante envolvidos e no espírito de trabalhar o pensamento por analogia.” (Diário de Campo, 26/10/2000).

No relatório da décima quinta atividade a dupla de alunos A27-A28 fez o seguinte relato:

“O procedimento é o mesmo do exercício anterior com o ponto A fixo o que vai variar é a coordenada x do ponto B. Então a coordenada y em A é igual a coordenada y em B.” (Relatório de Atividades A27-A28, 25/10/2000).

Ao ser criado o espaço para o relatório na versão educacional do *Designer's Workbench*®, o objetivo era possibilitar o registro da forma como os alunos solucionavam os problemas. Em termos pedagógicos, o relatório tem o objetivo de mostrar ao aluno (ou à dupla) a evolução na sua forma de raciocínio, através da análise das descrições que fez de cada problema resolvido. O professor pode lançar mão desta análise para verificar a aprendizagem dos alunos, inserindo-a num contexto mais amplo de avaliação de aprendizagem. O relatório é, em alguma medida, um registro da forma de pensar dos alunos, e nele o professor pode buscar regularidades, similaridades, utilização de outros problemas já resolvidos, além de hipóteses que foram levantadas pelos alunos durante o processo de solução do problema. É importante observar que a manutenção das duplas ou grupos é essencial para que o professor possa, através da análise dos relatórios entregues, observar os diversos aspectos do desenvolvimento do raciocínio de um grupo determinado ao realizar diferentes atividades.

Como pôde ser observado durante a pesquisa, se o aluno não tiver claro o objetivo deste relatório e em qual momento ele pode vir a ser utilizado, este se torna um mero instrumento de cumprimento de tarefas e não um espaço de reflexão sobre a aprendizagem.

A partir da análise dos relatórios apresentados bem como do Diário de Campo, pode-se afirmar que o ambiente de trabalho criado durante as sessões com o DWB permite a discussão e a troca de experiências entre os alunos e o professor, possibilitando que hipóteses de solução sejam formuladas e testadas, possibilitando o desenvolvimento do chamado *raciocínio plausível*, segundo Polya (1954) ou do raciocínio abduutivo, segundo Peirce (1995).

7.2.3 Ações conscientes transformadas em operações e vice-versa

Considerando a Teoria da Atividade, os dados obtidos nesta pesquisa possibilitaram a inferência sobre mudanças qualitativas que ocorreram, durante o processo de utilização do DWB, relacionadas às operações e às ações conscientes que constituíam as atividades desenvolvidas.

Ao restringir o foco da pesquisa apenas no manuseio do software e de seus recursos, é possível observar situações onde ações transformam-se em operações. E, em seguida, esta operação é utilizada no processo de resolução de problemas mais complexos, relacionados com o conteúdo matemático propriamente dito.

A maioria dos alunos já no segundo encontro dominava a interface do software, e se pode, com as observações registradas, afirmar que o manuseio do DWB já havia se transformado em uma operação para a maioria deles. No Diário de Campo do dia 11/10 temos o seguinte registro:

“Iniciamos o encontro ligando os computadores, ‘logando’ na minha área e entrando no programa através do ícone da tela. Apenas uma aluna que não esteve no outro encontro teve dificuldade de fazer o caminho. Nos demais grupos, somente uma aluna perguntou como fazer. A grande maioria iniciou a primeira atividade da segunda sessão utilizando o DWB. Não tiveram dificuldade de implementá-la, fazer o relatório e imprimir.” (Diário de Campo, 11/10/2000).

Ao final das primeiras sessões pôde-se afirmar que as ações relacionadas como o manuseio do software já haviam se tornado operações, pelo menos no que se refere a iniciar o DWB, cadastrar as duplas, escolher a atividade, solucionar o problema utilizando os recursos do DWB (edição de pontos, galeria de pontos, galeria de curvas), editar o relatório e imprimir.

Como não tiveram dificuldades em manusear o software e dominar suas ferramentas, os alunos ficaram livres para se preocuparem com questões de conteúdo matemático. E os dados coletados mostram que a grande dificuldade, como já observado, esteve restrita a este conteúdo. E foi justamente esta dificuldade de conteúdo que permitiu a observação de situações onde operações tiveram que ser trazidas para o nível da ação consciente e novamente tornaram-se ações.

Uma das situações observadas, durante as sessões, e que ilustra de forma significativa a passagem de uma operação para o nível da ação, foi a dificuldade apresentada pelos alunos para descrever um quadrado utilizando as coordenadas dos vértices. Caso fosse solicitado que desenhassem com lápis e papel um quadrado, certamente os alunos não apresentariam nenhuma dificuldade e a operação de desenhar um quadrado seria realizada quase que mecanicamente. No entanto, como tiveram que descrever as propriedades de um quadrado seguindo as regras do software, ou seja, editando os pontos dos vértices, ligando estes vértices e posteriormente verificando se a figura

produzida era ou não um quadrado, os alunos se viram obrigados a expressar oralmente quais eram as propriedades que determinam se uma figura geométrica é ou não um quadrado. Operações mecânicas tiveram que ser trazidas para o nível da ação consciente dos alunos, ou seja, as metas da ação foram expressas e discutidas por eles, para que pudessem solucionar o problema com uma nova ferramenta, utilizando uma outra linguagem, a linguagem do DWB.

Outra situação em que se pode observar esta mudança foi quando se solicitou aos alunos que traçassem os eixos cartesianos. Novamente passou-se pelo processo de relembrar o que significam estes eixos, qual a descrição de um ponto sobre o eixo X ou sobre o eixo Y. A operação de traçar dois segmentos de reta formando um ângulo reto, utilizando régua e lápis, precisou ser descrita de outra forma e com isto os alunos puderam reorganizar seu conhecimento sobre este assunto através da linguagem nova, isto é, através do DWB.

Com relação a observação de que os alunos tinham que transformar suas operações em ações, encontrou-se o seguinte depoimento na avaliação escrita do aluno A4:

“Eu achei esse software um modo diferente e interessante de aprender o que estudaríamos na sala de aula. Com ele completamos o conhecimento adquirido em aula e fixamos esse mesmo conhecimento. Ele é de fácil manuseio apesar de que o aluno tem que saber pelo menos um pouco da matéria. Eu não tive muitas dificuldades para usá-lo, às vezes me “enrolei” um pouco para fazer as atividades pedidas mas isso porque não me lembrava do conteúdo da matéria ou me confundia.” (Avaliação Escrita, 01/11/2000)

A avaliação do aluno A18 também traz o depoimento sobre como o software possibilitou uma outra visão de um conteúdo já conhecido:

“O software também nos proporciona forma de raciocinar para formarmos coordenadas que formassem triângulo, quadrado, etc. Eu achei muito interessante o software pois eu entendi melhor a matéria...” (Avaliação Escrita , 01/11/2000).

Ao procurar pela solução dos problemas propostos nas atividades programadas para este experimento, basicamente os alunos tiveram que re-significar conceitos utilizando uma nova linguagem, já que os conteúdos matemáticos exigidos já haviam sido trabalhados em algum momento de sua vida escolar.

Assim, pode-se dizer que o software DWB, instrumento que estava mediando a relação dos alunos com o conteúdo, possibilitou-lhes a aprendizagem de um novo aspecto de um mesmo assunto, fazendo com que esta aprendizagem adquirisse uma outra dimensão, que só foi possível através da mediação ferramenta computacional. Ripper (1993) tratou questão similar a esta no seu artigo sobre o *“Ambiente Logo na Pré- Escola”*, discutindo o papel da função mediadora e das relações entre signo e instrumento na relação entre linguagem escrita e computador. Da mesma forma que na Linguagem Logo se tem um elemento mediador entre o concreto e o abstrato (no caso, a tartaruga, elemento *quasi-concreto* que é manipulada na tela do computador através dos comandos da linguagem), no DWB a resposta gráfica da descrição algébrica do que se está estudando permite ao aluno criar o que Ripper caracterizou como *“uma nova relação entre o campo do significado e o campo da percepção visual, ou seja, entre situações de pensamento e situações reais”* (Ripper, 1993:177).

Talvez seja exatamente esta a diferença fundamental que o uso do computador pode trazer para o ambiente escolar em termos de aprendizagem, isto é, a possibilidade de utilização de uma outra linguagem que permite construir e descobrir novos significados para conceitos já aprendidos.

Na Avaliação Escrita, o aluno A10 fez o seguinte comentário a este respeito:

“O software ajudou muito no aprendizado do material, isso porque os alunos puderam ‘ver’ a coisa real acontecer; na sala de aula parece que tudo fica na teoria. A única coisa que eu achei que houve dificuldade foi que os alunos não tinham a matéria bem aprendida por conta das aulas teóricas, mas depois com a resolução dos exercícios e a explicação individualizada da professora houve um bom resultado. (A10, Avaliação Escrita, 01/11/2000).

Outro aluno comentou na sua avaliação escrita que

“Já vi esta matéria antes, no segundo ano. Estudei o ano inteiro e sempre aprendemos algo a mais, sempre. Com este estudo foi mais uma oportunidade de aprender mais um pouco” (A36, Avaliação Escrita, 22/11/2000).

O depoimento do aluno A1 na avaliação das sessões de utilização do DWB é bastante significativo com relação à importância de uma ferramenta para a mudança de olhar do aluno sobre determinado conteúdo:

“O programa DWB ajudou-me muito a entender um pouco mais da matéria de Geometria, até porque eu não gostava da matéria e como gosto muito de mexer com computadores esse software foi essencial, adorei...” (Avaliação Escrita, 01/11/2000).

O aluno A35 fez a seguinte avaliação da utilização do DWB:

“Muita gente tem dificuldades para aprender coordenadas e desenhá-las, mas o software facilita esse aprendizado, com praticidade. O DWB ensina cálculos muito interessantes, como, por exemplo, ele informa que a coordenada de um ponto no meio de uma reta com extremidades A e B é igual à soma das coordenadas dividido por 2.” (Avaliação Escrita, 22/11/2000).

O aluno A15 deu o seguinte depoimento sobre a aprendizagem de coisas novas:

“Sabíamos apenas escrever no computador e estas aulas nos deram possibilidades de aprender coisas novas de Matemática, que eu me lembre aprendi um pouco de Geometria e ter mais prática, um raciocínio melhor” (Avaliação Escrita, 22/11/2000).

As informações obtidas nas avaliações escritas demonstraram que muitos alunos consideraram as aulas com o DWB uma revisão de conteúdos já aprendidos anteriormente. No entanto, observamos que para outros estes conteúdos são novidade, principalmente pela forma como são apresentados. O uso do computador nas aulas foi considerado pela grande maioria dos alunos como essencial para um outro ambiente de aprendizagem, mais rico e significativo. O aluno A3 fez a seguinte afirmação:

“Estas aulas fora da escola fez com que muitos alunos como eu se interessassem mais por Matemática. Esse programa com certeza pode ser passado para muitos outros alunos, pois assim aprenderão várias coisas novas, como a minha classe aprendeu. Gostaria muito de ter outras aulas como essas e que também outras matérias tivessem a

idéia de fazer programas em computadores, as aulas seriam bem mais interessantes.” (Avaliação Escrita, 1/11/2000).

Ao finalizar este capítulo, parece oportuno se retomar as unidades de análise da Teoria da Atividade, quais sejam: *atividades particulares* orientadas por motivos significativos; *ações subordinadas* a metas conscientes; *operações* que dependem diretamente das condições sob as quais uma meta concreta é alcançada. Como já observado no capítulo 3, estas unidades apresentam um caráter dinâmico e estão intimamente relacionadas, e é precisamente a análise destas conexões internas que se deve realizar ao investigar uma atividade.

Assim, neste trabalho, a *atividade* principal foi a utilização do software DWB num contexto próximo ao da sala de aula. O *motivo* que levou à realização desta atividade foi saber se o software em questão era ou não apropriado para o desenvolvimento de conteúdos matemáticos no Ensino Médio. Para o desenvolvimento desta *atividade* foram planejadas diversas *ações* expressas num conjunto de atividades relativas a conteúdos matemáticos (Anexo 4) que deveriam ser solucionadas a partir do uso do DWB e de conceitos geométricos já internalizados, cujos algoritmos seriam utilizados para a solução destas atividades no nível de operação, ou seja, sem uma reflexão consciente de suas propriedades.

Esta etapa de ações pode ser vista também como uma *outra atividade*, tendo agora como *motivo* o desenvolvimento de conteúdos matemáticos. As ações desta nova atividade são as operações da anterior, quais sejam, a utilização de propriedades geométricas de determinadas figuras como por exemplo, o quadrado. Estas propriedades, já estudadas anteriormente, tiveram que voltar para o nível da ação consciente dos alunos à medida que delas necessitavam para a resolução do problema proposto. O manuseio do software, que pode ser considerado como uma ação consciente da primeira atividade, nesta segunda torna-se uma operação.

Considerando a *atividade* do ponto de vista dos alunos, tem-se que eles tinham como atividade principal a solução dos problemas propostos (Anexo 4). Seu *motivo*, devido à experiência que tinham da vida escolar, era entregar o relatório final para que este fosse avaliado pelo professor. No processo de realização desta atividade, os alunos desempenharam diversas *ações*, como aprender a manusear o software e a utilizar seus recursos para a solução dos problemas, além de lembrarem ou aprenderem conceitos específicos de Matemática. À medida que as sessões foram acontecendo, *ações* conscientes do início do trabalho, como a utilização dos recursos do DWB, passaram a ser operações para a solução de outros problemas. Em contrapartida, os algoritmos relacionados aos conceitos geométricos que estavam sendo utilizados, no nível de operação, para solucionar os problemas usando o DWB não foram suficientes, exigindo uma reflexão sobre as propriedades geométricas ou sobre o conceito de plano cartesiano subjacentes a estes algoritmos, passando assim, para o nível da ação consciente.

Estas observações demonstram que os elementos que constituem uma atividade não são fixos, podendo mudar à medida que mudam as condições (Nardi, 1996a: 75). Todos os níveis podem mudar “para cima” ou “para baixo”, isto é, uma ação pode se tornar uma atividade (e vice-versa), assim como uma ação pode se tornar uma operação (ou vice-versa), dependendo das condições de realização uma atividade. Além disto, destaca-se também o caráter eminentemente histórico do processo de aprendizagem, onde experiências antigas são re-significadas, neste caso, através da mediação do computador, permitindo a objetivação de ações conscientes e operações assim como a construção de um novo conhecimento.

CAPÍTULO 8

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise de dados apresentada pode-se considerar que o *Designer's Workbench*®, na sua versão educacional (DWB), é um software que possui uma interface bastante “amigável” para os alunos. Em nenhum dos instrumentos de coleta se encontra registrado que algum aluno teve dificuldade em aprender a manusear este software ou a utilizar os recursos que o mesmo apresenta. Em termos pedagógicos esta característica é importante, porque a preocupação maior do aluno fica centrada no desenvolvimento do conteúdo e não na aprendizagem do software que está sendo utilizado. Além disso, um ambiente de fácil “navegação” para os alunos acaba estimulando-os no desenvolvimento das atividades, na interação com os colegas e na aprendizagem propriamente dita.

O tipo de ambiente educacional que o DWB cria é favorável à construção do conhecimento pelo aluno, permitindo que este desenvolva suas idéias seguindo seu ritmo e sua experiência. No entanto, cabe ao professor moldá-lo às suas necessidades e expectativas. Como já afirmado, o papel do professor é fundamental quando se utiliza este software, pois são as atividades elaboradas por ele, de acordo com suas expectativas e com as dos alunos, que irão dar o ritmo de trabalho em sala de aula.

O DWB enquanto ferramenta de mediação permite que a interação entre os alunos seja bastante rica, criando, como já observado, situações próprias à chamada *zona de desenvolvimento proximal*. As declarações dos alunos sobre a importância de ter a ajuda do colega durante a resolução das atividades

reforçam a necessidade de se proporcionar este tipo de situação durante as aulas, em especial durante as aulas de Matemática, que geralmente são centradas na figura de um professor que explica a matéria e resolve os exercícios, enquanto os alunos copiam.

O tipo de atividade que pode ser desenvolvida com o trabalho em *dupla*, utilizando o DWB, aumenta a possibilidade dos alunos virem a intuir e formular hipóteses de solução de um problema, testar estas hipóteses e refinar suas soluções. O que sugere um forte indício de se estar desenvolvendo o raciocínio abduativo (plausível) com este tipo de trabalho. Lembrando a necessidade do professor de Matemática criar um ambiente propício para o desenvolvimento não apenas dos raciocínios dedutivo e indutivo, como também do chamado raciocínio abduativo (plausível), um ambiente de colaboração entre os alunos é especialmente significativo. A possibilidade de discutir com o colega, de testar as hipóteses levantadas para a solução do problema, o exercício da tentativa e erro, assim como a verificação dos resultados obtidos, são momentos importantes para desenvolver no aluno o que Peirce chamou de o único tipo de raciocínio que permite criar idéias novas, qual seja, o *raciocínio abduativo* na terminologia deste autor ou, como classificou Polya, o *raciocínio plausível*.

As categorias além de explicar um determinado fenômeno, segundo Freitas (1997), explicam um grande conjunto de fenômenos, ou ainda permitem o entendimento de grandes conjuntos de fenômenos. Especialmente, reforça este autor, isto ocorre quando se procuram categorias no âmbito da *prática pedagógica*, quando se procura encontrar aquelas que possam explicar uma grande quantidade de fenômenos que acontecem na sala de aula.

A primeira categoria apontada, qual seja, a relacionada ao *processo de mediação*, apresenta como sub-itens o “ambiente educacional”, a “facilidade de uso” do software e o “trabalho em duplas”, estando os dois primeiros diretamente relacionados a critérios já definidos para avaliação de um software

educacional e o terceiro relacionado ao desenvolvimento da aprendizagem propriamente dita.

A segunda categoria relacionada à *interação professor—aluno—software*, aponta as possibilidades em torno de atividades que podem ser implementadas com o software em estudo, além de analisar os relatórios apresentados pelos alunos no final da atividade. O software DWB permite ao professor criar um ambiente de aprendizagem *colaborativa*, enriquecido pelas atividades que são construídas e reconstruídas na sua prática, a medida em que os alunos interagem com o software e com os problemas propostos pelo professor. O relatório, neste processo, seria o registro da solução do problema proposto, tendo a finalidade de apreender os passos percorridos pela dupla de alunos durante a busca desta solução. No entanto, como já afirmado, boa parte destes relatórios (em torno de 62%) se restringiu a uma descrição dos passos efetuados junto ao software para a solução da atividade. Este grande percentual de relatórios descritivos, sugere que talvez o uso de uma nova ferramenta na solução dos problemas implique em que a compreensão destes ocorra à medida que ocorre a apreensão e o domínio da sintaxe desta nova ferramenta. Talvez as dificuldades dos alunos em descrever seu processo de raciocínio na resolução de um problema advenham desta nova forma de ver os conteúdos, que foi possível pela utilização desta nova ferramenta.

A terceira categoria apresentada se refere aos constructos teóricos da Teoria da Atividade, em especial se relaciona às *ações conscientes* e às *operações*, que tiveram papel fundamental na análise que foi realizada. A análise do uso do DWB demonstrou que, em pouco tempo, o manuseio dos recursos básicos deste se tornavam operações, ou, ainda aspectos operatórios da atividade que os alunos estavam realizando, permitindo assim que a atenção ficasse centrada no problema matemático proposto e não nos aspectos operatórios do DWB. Da mesma forma foi possível observar que operações relacionadas a conteúdos matemáticos já trabalhados tiveram que se tornar

ações conscientes no processo da atividade, a medida em que a descrição em uma nova linguagem obrigou os alunos a reelaborar estes conceitos. Além disto, a Teoria da Atividade demonstrou ser uma ferramenta teórica apropriada para descrever as relações que ocorrem no ambiente educacional, em especial na relação professor-aluno e, no caso deste trabalho, na relação professor-aluno-ferramenta computacional.

Um aspecto importante do software DWB que não foi explorado na presente pesquisa, se relaciona com a possibilidade de sua utilização para refutar hipóteses ou conjecturas de solução de um determinado problema, seguindo as idéias de Polya expostas no capítulo 2. Um dos motivos para a utilização do computador na escola está no fato dele dar um resultado quase imediato da solução implementada pelo aluno. No ambiente de trabalho criado pelo DWB, esta resposta que o computador oferece pode ser utilizada pelo aluno (e mesmo pelo pesquisador) como uma forma de aumentar a credibilidade na hipótese de solução conjecturada por ele, como sugeriu Polya em seus trabalhos. Apesar de não ter havido momentos na pesquisa onde esta situação tenha ocorrido de forma mais sistemática, pode-se sugerir que o DWB é uma ferramenta apropriada para este tipo de atividade. Mostrar a importância de se verificar experimentalmente algumas soluções específicas, antes de se generalizar um determinado resultado, pode ser um caminho interessante no ensino da Matemática, especialmente se o professor estiver preocupado em mostrar a natureza do conhecimento matemático.

Com relação ao ensino de Matemática, procurou-se apontar para a necessidade do professor desta disciplina estar preocupado com a natureza do conhecimento matemático, desenvolvendo junto aos alunos um trabalho que privilegie o desenvolvimento não apenas dos chamados raciocínios *dedutivo* e *indutivo*, como também a importância de exercitar a formulação de hipóteses e conjecturas de solução de um problema, bem como a testagem destas, desenvolvendo o raciocínio *plausível* ou *abduativo*.

Este trabalho, através da descrição dos momentos de cooperação entre a professora-pesquisadora e o autor do software, procurou demonstrar a importância da troca de experiências entre o especialista na produção de softwares e a realidade de sala de aula, para a produção de ferramentas adequadas ao processo pedagógico. Além disto, observa-se que a continuidade de pesquisas relacionadas a softwares que possam vir a ser utilizados em ambientes educacionais é de fundamental importância para que as novas tecnologias, em especial a informática, se integrem à cultura escolar.

BIBLIOGRAFIA

- ABBAGNANO, N. (1970). *Dicionário de Filosofia*. Ed. Mestre Jou, São Paulo.
- BELLAMY, R. K. (1996). Designing Educational Technology. In: Nardi, B. (ed.) *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*. MIT Press, Massachusetts. 123-45.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, SECRETARIA DE EDUCAÇÃO MÉDIA E TECNOLÓGICA (1999). *Parâmetros Curriculares: Ensino Médio*. Brasília.
- BRENELLI, Roséli P. (1996). O raciocínio abdutivo no jogo de regras. *Piaget: Teoria e Prática - Centenário de Jean Piaget. IV Simpósio Internacional de Epistemologia Genética*. Águas de Lindóia (SP).
- CAIN R., CARRY L. R. e LAMB C. (1985). Mathematics in Secondary Schools: Four points of View. *The Secondary school mathematics curriculum*. NTCM. Yearbook. 22-8.
- CAMPOS F., ROCHA A. & CAMPOS G. (1999). Qualidade de Software Educacional: Padrões de Avaliação. *Anais X Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Curitiba (PR), 41-8.
- CAMPOS, G. H. B. & CAMPOS, F. C. A. (2001). Qualidade de software educacional. In: Rocha, Ana Regina Cavalcanti (ed.) *Qualidade de Software: teoria e Prática*. São Paulo, Prentice Hall.

- COBB, Paul (1996) . Perspectivas Experimental, Cognitivista e Antropológica em Educação Matemática. *Zetetiké*, 6(4), 153-180.
- DUROZOI, G & ROUSSEL, A. (1993). *Dicionário de Filosofia*. Campinas, Papirus.
- ECO, H. & SEBEOK, T. A.(orgs) (1995). *O signo de três*. São Paulo, Perspectiva.
- EYSENK, M.W. & KEANE, M. T. (1994). *Psicologia Cognitiva: um manual introdutório*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- FREITAS, L. C. (1997). Avaliação: Construindo o Conceito. *Ciência e Ensino*. Gepec, Faculdade de Educação, UNICAMP, 16-19.
- GRIFFIN, P., BELYAEVA, A. & SOLDATOVA, G.(1992). Socio-Historical concepts applied to observations computer use. *European Journal of Psychology of Education*. 4(VII), 269-286.
- KAPTELENIN, V. (1996). Computer-Mediated Activity: Functional Organs in social and Developmental Contexts. In: Nardi, B. (ed.). *Context and Consciousness. Activity Theory and Human-Computer Interaction*. MIT Press, Massachusetts, 45-68.
- LEGRAND,G. (1991). *Dicionário de Filosofia*. Lisboa, Edições 70.
- LEONTIEV, A . N. (1981). The problem of activity in Psychology. In: Wertsch, J. V. (ed.). *The concept of activity in soviet psychology*. M.E. Sharpe, Inc, Armonk, New York, 37-71.

- _____ (1959/1978). *O desenvolvimento do psiquismo*. Livros Horizonte, Lisboa, Portugal.
- LEVACOV, M. (1987). Avaliação de Software Educacional. *Tecnologia Educacional*. 75/76(6), 55-7.
- LION, C. G. (1997). Mitos e Realidades na Tecnologia Educacional. In: Litwin, E. (org.) *Tecnologia Educacional: política, histórias e propostas*. Porto Alegre, Artes Médicas.
- LOPES, M. L. (1984). Herbert Fremont: o ensino da matemática através de suas aplicações. *Revista do Professor de Matemática*. SBM, 5, 28-31.
- LÜDKE, M. & ANDRÉ, M.E.(1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. Cortez , São Paulo.
- LUNA, Sérgio V. de (2000). *Planejamento de Pesquisa: uma introdução*. São Paulo, EDUC.
- MAMMANA, C. Z. (1999). *A sintaxe do desenho*. Instituto de Física/USP, São Paulo-SP . Tese de Livre Docência .
- _____ (2001). *Designer's Workbench©: Manual do Usuário*. São Paulo: texto mimeo.
- MORA, J.F. (1994) . *Dicionário de Filosofia*. São Paulo: Martins Fontes.
- NARDI, B. (1996). Activity theory and Human-Computer Interaction. In: Nardi, B. (ed.). *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*. MIT Press, Massachusetts, 7-16.

- _____ (1996a). Studying context: a comparison of Activity Theory, Situated Action Models, and Distributed Cognition. In: Nardi, B. (ed.). *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*. MIT Press, Massachusetts, 69-101.
- NORMAN, D. A . (1986). Cognitive Engineering. In: Norman, D. A . & Draper, S. W. (ed.). *User Centered System Design- New Perspective on Human-Computer Interaction*. Lawrence Erlbaum Associates. New Jersey, 31-61.
- NOSS R. e HOYLES C. (1996). *Windows on mathematical meanings – learning cultures and computers*. Klüwer Academic Press, London.
- OLIVEIRA, C.C., COSTA, J.W. & MOREIRA, M.(2001). *Ambientes informatizados de aprendizagem – produção e avaliação de software educativo*. Campinas, Papirus.
- PEIRCE, C. S. (2000). *Semiótica*. São Paulo, Perspectiva.
- PIÉRON, H. (1977). *Dicionário de Psicologia*. Porto Alegre, Globo.
- POLYA, G . (1954a) *Induction and analogy in mathematics*. Princenton Univ. Press, Princenton.
- _____. (1954b) *Patterns of plausible inference*. Princenton Univ. Press, Princenton.
- RIPPER, A. V. (1983). O computador chega à escola para quê? *Tecnologia Educacional*, 52, 40-3.

- _____ (1993). O ambiente logo na pré-escola. In: Valente, J. A. (org.) *Computadores e Conhecimento*. Campinas, Gráfica Central da UNICAMP.
- _____, (1996). O preparo do professor para as novas tecnologias. In: Oliveira, V. B. de (org.). *Psicopedagogia e Informática*, São Paulo, SENAC, 55-84.
- ROCHA, H. V. da & BARANAUSKAS, M. C. C. (2000). *Design e avaliação de interfaces humano-computador*. São Paulo: IME-USP.
- SÃO PAULO, SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (1992). *Proposta Curricular para o Ensino de Matemática : 2º grau* . São Paulo, SE/CENP, (3ed.).
- SCHOENFELD, A . (1987). Pólya, Problem Solving, and Education. *Mathematics Magazine*, 5 (60), 283-91.
- TIKHOMIROV, O . K. (1981). The psychological consequences of computerization. In: Wertsch, J. V. (ed.). *The concept of activity in soviet psychology*. M.E. Sharpe, Inc, Armonk, New York, 256-78.
- TRUZZI, M. (1995). Você conhece meu método - uma justaposição de Charles S. Peirce e Sherlock Holmes. In: Eco U. e Sebeok, T. A . (orgs.) *O signo de três*. São Paulo. Perspectiva.
- VYGOTSKY L.S. (1930/1981). The instrumental method in Psychology. In: Wertsch, J. V. (ed.) *The concept of activity in soviet psychology*. M.E. Sharpe, Inc, Armonk, New York. 134-43.

_____ (1960/1981). The genesis of higher mental functions. In: Wertsch, J. V. (ed.). *The concept of activity in soviet psychology*. M.E. Sharpe, Inc, Armonk, New York. 144-88.

_____ (1962/1994) . *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Martins Fontes, São Paulo.

WERTSCH, J. V. (1981). The concept of activity in soviet Psychology. In: Wertsch, J. V. (ed.) . *The concept of activity in soviet psychology*. M.E. Sharpe, Inc, Armonk, New York. 3-36.

ZINCHENKO V. P. & GORDON, V. M. (1981). Methodological Problems in the Psychological Analysis of Activity. In: Wertsch, J. V. (ed.). *The concept of activity in soviet psychology*. M.E. Sharpe, Inc, Armonk, New York. 72-133.

ANEXO 1

Faculdade de Educação/UNICAMP
LEIA - Laboratório de Educação e Informática Aplicada
Avaliação Pedagógica do Software *Designer's Workbench*®

Alunos da Dupla:

Data:

NOME DA ESCOLA

Atividade N °

ENUNCIADO DA ATIVIDADE PROPOSTA

#Figura (O ALUNO INSERE O DESENHO PRODUZIDO PELO DWB)

Relatório:

#Relatório (DESCRIÇÃO FEITA PELO ALUNO DE COMO DESENVOLVEU A ATIVIDADE)

Programa:

(O DWB INFORMA OS PONTOS, ROTAS, VARIÁVEIS E CURVAS, UTILIZADAS PELO ALUNO NO DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE)

ANEXO 1

Faculdade de Educação/UNICAMP
LEIA - Laboratório de Educação e Informática Aplicada
Avaliação Pedagógica do Software *Designer's Workbench*©

Alunos da Dupla:

A3, A10, A11

Data: 05/10/00

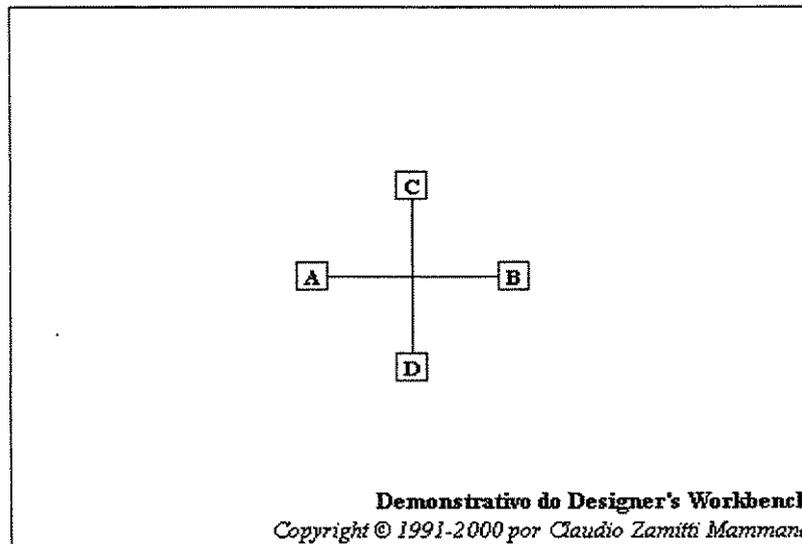
3ª série A - Ensino Médio - Campinas/SP

Atividade 11

Usando o teclado virtual faça a edição dos seguintes pontos:

A (-100, 0) B (100, 0) C (0, 100) D (0, -100)

No editor de ponto, ligue os pontos A e B e os pontos C e D.



Relatório:

Em primeiro lugar selecionamos cada ponto (A,B,C,D) no teclado virtual e arrastamos até a tela verde, depois demos novas coordenadas para cada ponto na tela "Edição de Expressão" [(A: -100, 0), (B:100, 0), (C: 0, 100) e (D: 0, -100)].

Na tela "Rota do Ponto" ligamos os pontos AB e CD apagando o espaço que existia entre eles na janela, desta forma os pontos se alinharam em forma de cruz. Abrimos o WordPad e colamos a figura e depois descrevemos passo-a-passo o processo de construção.

ANEXO 1

Programa:

Rota: AB CD

Pontos:

A=[-100, 0]

B=[100, 0]

C=[0, 100]

D=[0,-100]

ANEXO 1

Faculdade de Educação/UNICAMP
LEIA - Laboratório de Educação e Informática Aplicada
Avaliação Pedagógica do Software *Designer's Workbench*®

Alunos da Dupla:

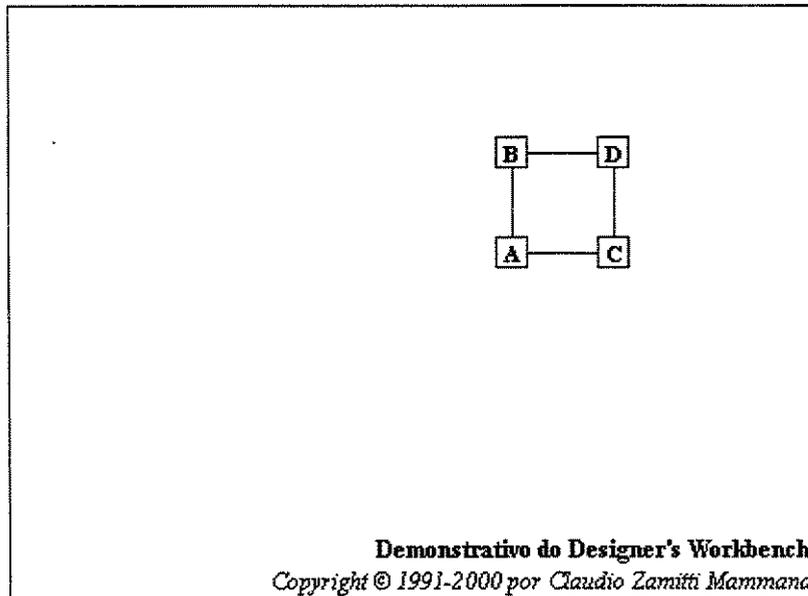
A33, A6

Data: 19/10/00

3ª série A - Ensino Médio – Campinas/SP

Atividade 20

Crie um quadrado cujos lados não estão sob os eixos.



Relatório:

Ao definir o ponto A com os valores [100, 50] e também definimos o ponto B, o x permaneceu o mesmo valor e então acrescentamos 100 ao valor de y e assim ficou [100, 150], no ponto C acrescentamos 100 ao valor de x e mantemos o valor inicial de y, portanto ficou [200, 50], já no ponto D o x permaneceu o mesmo valor do ponto C [200] e o y é o mesmo do ponto B. E então ligamos os pontos através da galeria de curvas, e então foi feito o relatório.

ANEXO 1

Programa:

Rota: A B C D

Pontos:

A=[100,50]

B=[100,150]

C=[200,50]

D=[200,150]

Curvas:

LINE(B,D)

LINE(B,A)

LINE(D,C)

LINE(A,C)

ANEXO 2

ATENÇÃO: O OBJETIVO DESTE QUESTIONÁRIO É TRAÇAR UM PERFIL DA TURMA EM RELAÇÃO À MATEMÁTICA, POR ISSO SUAS INFORMAÇÕES SÃO MUITO IMPORTANTES

QUESTIONÁRIO

NOME: _____

1. Idade: _____

2. Sexo: 1. Masculino () 2. Feminino ()

3. Você trabalha? 1. sim () 2. não ()

4. Você vem para a escola:

1. () ônibus 2. () automóvel 3. () a pé 4. () de bicicleta

5. Você mora em:

() Barão Geraldo - Bairro _____

() Fora de Barão Geraldo - Bairro _____

6. Você estudou na escola pública:

1. () todo o ensino fundamental e ensino médio;
2. () parte do ensino fundamental e todo o ensino médio;
3. () todo o ensino fundamental e parte do ensino médio;
4. () parte do ensino fundamental e parte do ensino médio
5. () só no ensino médio

7. Assinale quais os dias da semana, FORA DO HORÁRIO DE AULA, em que você estuda matemática:

1. () Estudo apenas um dia por semana
2. () Estudo entre 2 a 5 dias por semana
3. () Estudo todos os dias, menos no final de semana
4. () Não estudo nenhum dia

ANEXO 2

8. Se alguém perguntasse a você “quando você estuda matemática”, qual das respostas abaixo você daria? Escolha apenas uma delas.

1. Sempre estudo Matemática
2. Estudo Matemática na véspera da prova
3. Estudo Matemática só no final do ano
4. Nunca estudo Matemática

9. Quando você estuda Matemática, quantas horas do dia você usa para este estudo?

1. nunca estudo esta matéria
2. estudo menos de 1 (uma) hora
3. estudo durante 1 (uma) hora exata
4. estudo entre 1 (uma) e 2 (duas) horas
5. estudo mais de duas horas

10. Você tem ou já teve aulas particulares de Matemática ?

- 1 - sim 2 - não

11. Você consegue entender a matéria e os problemas dados em sala de aula ?

1. sim, sempre entendo
2. não, nunca entendo
3. quase sempre entendo
4. quase nunca entendo

12. As explicações do professor de Matemática são suficientes para você entender o que está sendo explicado?

1. Sim, eu sempre entendo as explicações do professor
2. Não, eu nunca entendo as explicações do professor
3. Na maioria das vezes eu entendo as explicações do professor
4. Poucas vezes eu entendo as explicações do professor

ANEXO 2

13. Você se distrai facilmente nas aulas de Matemática?

1. () Não, eu sempre presto atenção nas aulas de Matemática
2. () Sim, eu não consigo prestar atenção nas aulas de Matemática
3. () Na maioria das vezes, eu me distraio nas aulas de Matemática
4. () Na maioria das vezes, eu presto atenção nas aulas de Matemática

14. Suas notas de Matemática geralmente são:

1. () Acima da nota da maioria da classe
2. () Igual à nota da maioria da classe
3. () Menor que a nota da maioria da classe

15. Assinale abaixo a **matéria que você mais gosta**. Assinale apenas uma alternativa:

1. () Gosto de todas as matérias
2. () Não gosto de nenhuma
3. () Matemática
4. () Português
5. () Ciências
6. () Educação Física
7. () Geografia
8. () História
9. () Educação Artística
10. () Inglês
11. () Outra Qual? _____

16. Assinale abaixo a **matéria que você menos gosta**. Assinale apenas uma alternativa:

1. () Gosto de todas as matérias
2. () Não gosto de nenhuma
3. () Matemática
4. () Português
5. () Biologia
6. () Educação Física
7. () Geografia
8. () História
9. () Educação Artística
10. () Inglês
11. () Química
12. () Física
13. () Outra Qual? _____

ANEXO 2

17. Se você pudesse tirar **uma** matéria da escola, qual você escolheria?

- 1. () Todas as matérias
- 2. () Nenhuma
- 3. () Matemática
- 4. () Português
- 5. () Biologia
- 6. () Educação Física
- 7. () Geografia
- 8. () História
- 9. () Educação Artística
- 10. () Inglês
- 11. () Química
- 12. () Física
- 13. () Outra Qual _____

18. Dentre os **conteúdos de Matemática** que você já estudou, **qual o que você mais gostou?**

Por quê ?

19. Dentre os **conteúdos de Matemática** que você já estudou, **qual você menos gostou?**

Por quê ?

ANEXO 2

27. Avalie a sua participação nestas aulas:

1. () boa 2. () satisfatória 3. () ruim

28. Suas expectativas com relação as aulas usando o DWB foram alcançadas ?

1. () totalmente
2. () parcialmente
3. () não alcançadas

29 . Avalie as atividades realizadas durante os encontros:

1. () boa 2. () satisfatória 3. () ruim

30. Você acha que este tipo aula utilizando o computador pode melhorar seu desempenho na escola ?

1. () sim 2. () não

31. Você acha que o computador pode facilitar a sua aprendizagem na escola ?

1. () sim 2. () não

32. Você concorda que o computador é muito importante na vida diária das pessoas ?

1. () sim 2. () não

33. Você prefere fazer os trabalhos desenvolvidos em sala de aula:

1. () sozinho
2. () em dupla
3. () com vários colegas em grupo

34. Você considera que auxilia os colegas nas tarefas de Matemática mais do que eles lhe ajudam.

1. () sim 2. () não

ANEXO 2

35. Você considera que os colegas o ajudam mais nas tarefas de Matemática do que você a eles.

1. () sim

2. () não

36. Você considera que as atividades realizadas no computador devem ser realizadas em dupla:

1. () sim

2. () não

37. Você considera que o trabalho em dupla auxilia mais na sua aprendizagem do que trabalhar sozinho :

1. () sim

2. () não

ANEXO 3

ROTEIRO PARA ENTREVISTA

- VOCÊ ACHOU FÁCIL OU DIFÍCIL USAR O SOFTWARE DWB?
POR QUÊ ?
- AO REALIZAR AS ATIVIDADES COM O SOFTWARE DWB VOCÊ UTILIZOU
ALGUM CONTEÚDO APRENDIDO NA ESCOLA QUE FACILITOU A
SOLUÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO ? QUAL FOI ?

ANEXO 4

ATIVIDADES PROPOSTAS

Atividade 1. Usando o teclado virtual faça a edição dos seguintes pontos:

A (-100, 0) B (100, 0) C (0, 100) D (0, -100)

No **editor de ponto**, ligue os pontos A e B e os pontos C e D.

Atividade 2. Marque os pontos :A(0, 0) B(0, 200) C(200, 200) D(200, 0) E=A

No **editor de rota**, ligue os pontos para formar a rota ABCDE.

Atividade 3. Marque QUATRO pontos quaisquer, modifique suas coordenadas de tal forma que ao ligar estes pontos UTILIZANDO A GALERIA DE CURVAS (reta que passa por dois pontos) a figura produzida seja um quadrado.

Atividade 4. Crie a variável real x e atribua um valor para ela.

Crie os pontos: A(0, 0) B(0, x) C(x, x) D(x, 0) E=A

No editor de rota crie a rota ABCDE.

Qual a diferença principal que você observa neste nova definição?

No Caderno das listas, modifique o valor da variável, peça para redefinir o desenho e observe.

Atividade 5 . Com o mesmo princípio de definição de pontos e edição de rota ou pontos, faça um retângulo de lados 100 e 200.

Em seguida utilize as variáveis para definir retângulos de vários tamanhos.

ANEXO 4

ATIVIDADES PROPOSTAS

Atividade 6. Crie um quadrado cujos lados não estão sob os eixos.

Atividade 7. Com o mesmo princípio de definição de pontos e edição de rota, ou então utilizando a galeria de curvas, faça um retângulo de lados 300 e 50.

Atividade 8. Utilize as variáveis para definir retângulos de vários tamanhos, utilizando as coordenadas dos pontos.

Atividade 9. Utilizando o teclado virtual para marcar os pontos e em seguida a galeria de Curvas, trace os eixos cartesianos.

Atividade 10. Utilizando o teclado virtual, a galeria de curvas e a galeria de pontos, trace duas retas concorrentes e em seguida descreva o processo para determinar as coordenadas do ponto de interseção.

Atividade 11. Dado o segmento AB, onde $A(50, 150)$ e $B(-60, 120)$, usando a galeria de pontos, determine o Ponto Médio e em seguida calcule as coordenadas do Ponto Médio M deste segmento.

Atividade 12. Marque 4 pontos A, B, C, D. (Lembre-se, para fechar a figura o último deve ser sempre igual ao primeiro). Utilizando a rota, uma esses pontos. Em seguida, descreva no relatório o processo que você utilizou para criar esta figura.

ANEXO 4

ATIVIDADES PROPOSTAS

Atividade 13. Utilizando os recursos já trabalhados, procure fazer um triângulo sem utilizar o quarto ponto.

Atividade 14 . Construa um segmento horizontal AB cujo ponto inicial seja $A(-100, 100)$ e o comprimento seja 200.
Escreva no relatório como você resolveu esta questão.

Atividade 15. Construa um segmento horizontal de ponto inicial $A(-100, 100)$ e tamanho variável.

Atividade 16. Considere a atividade 11 e refaça utilizando variáveis para representar o ponto de origem.

Atividade 17. Desenhe um segmento vertical de origem $A(-200, 100)$ e tamanho 250.

Atividade 18. Construa um segmento vertical de origem $(-250, 100)$ e tamanho variável.

Atividade 19. Construa um segmento vertical de origem variável e tamanho variável.

Atividade 20. Numa mesma tela, crie dois segmentos horizontais de tamanho variável e dois segmentos verticais de tamanho 100 e origem variável. Descreva passo a passo como você resolveu esta atividade.

ANEXO 4

ATIVIDADES PROPOSTAS

Atividade 21. Marque 4 pontos A, B, C, D

(Lembre-se, para fechar a figura o último ponto deve sempre ser igual ao primeiro). Utilizando a rota, una estes pontos. Em seguida, descreva no relatório o processo que você utilizou para criar esta figura.

Atividade 22. Utilizando os recursos já trabalhados, procure fazer um triângulo sem utilizar o quarto ponto.

Atividade 23. Marque os pontos A, B, e C de coordenadas quaisquer, não alinhados. Utilizando a galeria de curvas, desenhe os lados do triângulo ABC. Utilizando a galeria de pontos, obtenha o ponto médio de cada um dos lados do triângulo ABC. No seu relatório dê as coordenadas dos pontos médios.

Atividade 24. Desenhe um triângulo isóscele cujos lados iguais tem medida 200

Atividade 25. Desenhe um triângulo de posição variável na tela.

Atividade 26. Desenhe um triângulo retângulo.

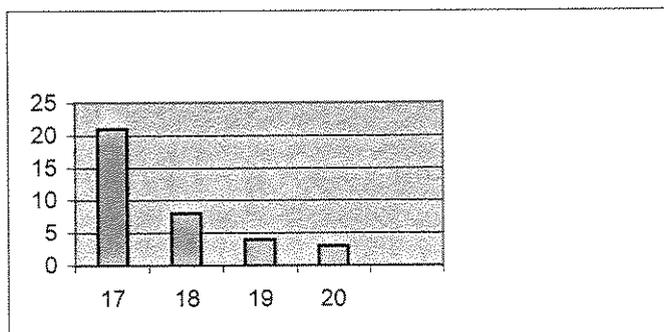
Atividade 27. Desenhe um triângulo retângulo com o comprimento dos lados variáveis.

ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

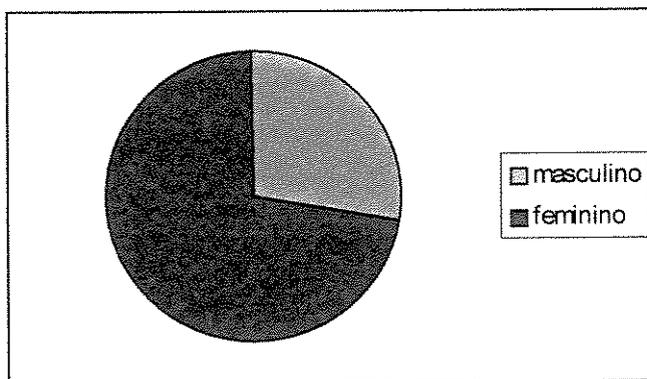
1. Idade

Idade (Anos)	Quantidade de alunos
17	21
18	8
19	4
20	3



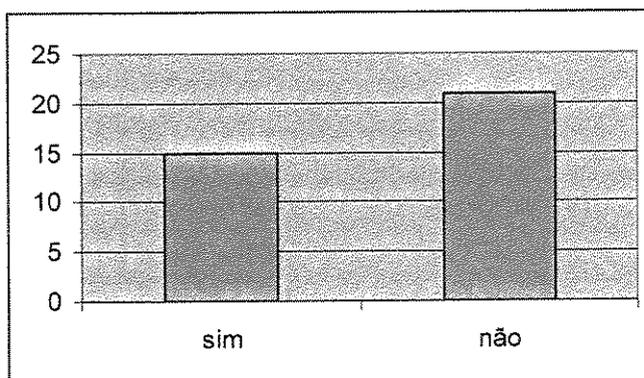
2. Gênero:

Gênero	Quantidade de alunos
masculino	10
feminino	26



3. Alunos que trabalham:

Trabalha	Quantidade de alunos
sim	15
não	21

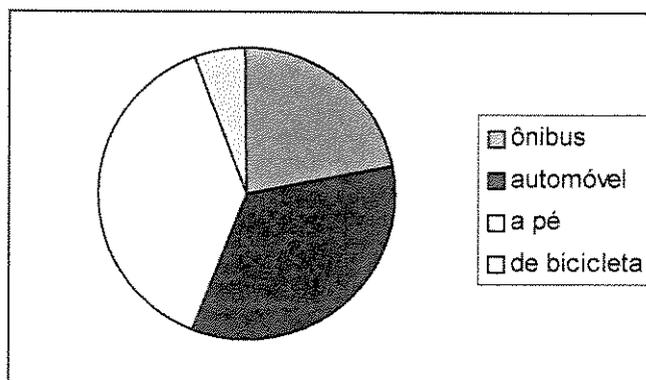


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

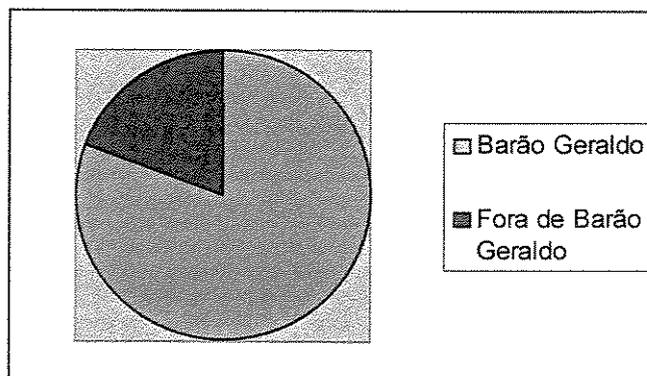
4. Como se deslocam até a escola:

Transporte para vir para escola	Quantidade de alunos
ônibus	8
automóvel	12
a pé	14
de bicicleta	2



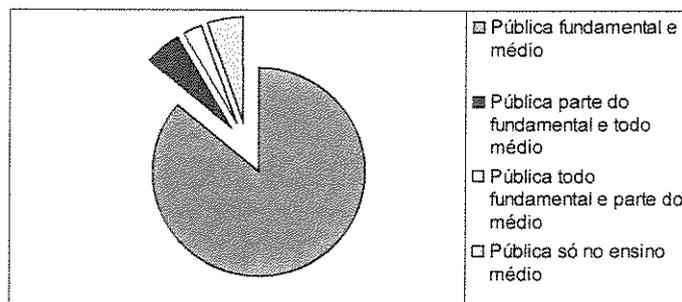
5. Onde moram:

Lugar onde mora	Quantidade de alunos
Barão Geraldo	29
Fora de Barão Geraldo	7



6. Tipo de escola:

Tipo de escola	Quantidade de alunos
Pública fundamental e médio	31
Pública parte do fundamental e todo médio	2
Pública todo fundamental e parte do médio	1
Pública só no ensino médio	2

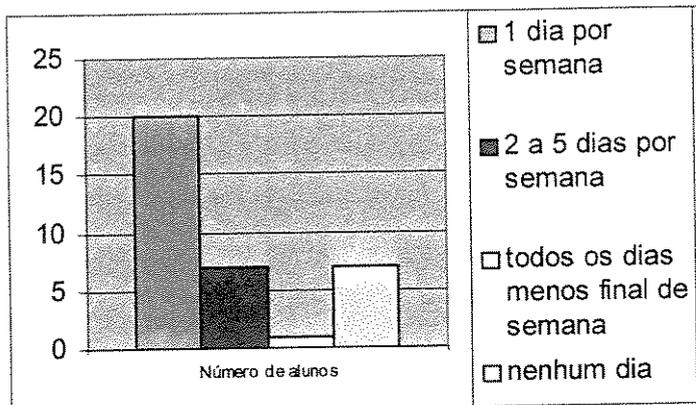


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

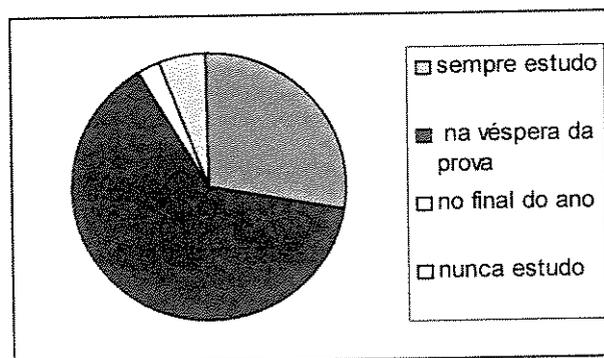
7. Dias da semana que estudam Matemática:

Estuda matemática fora do horário de aula	Quantidade de alunos
1 dia por semana	20
2 a 5 dias por semana	7
todos os dias menos final de semana	1
nenhum dia	7



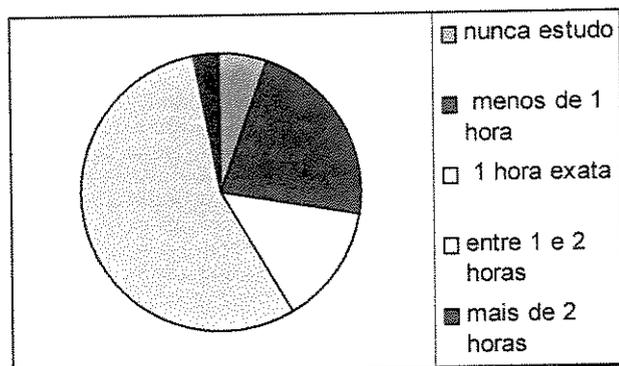
8. Quando estudam Matemática:

Quando estuda Matemática	Quantidade de alunos
sempre estudo	10
na véspera da prova	23
no final do ano	1
nunca estudo	2



9. Quantas horas por dia estudam Matemática:

Número de horas do dia que estuda Matemática	Quantidade de alunos
nunca estudo	2
menos de 1 hora	8
1 hora exata	5
entre 1 e 2 horas	20
mais de 2 horas	1

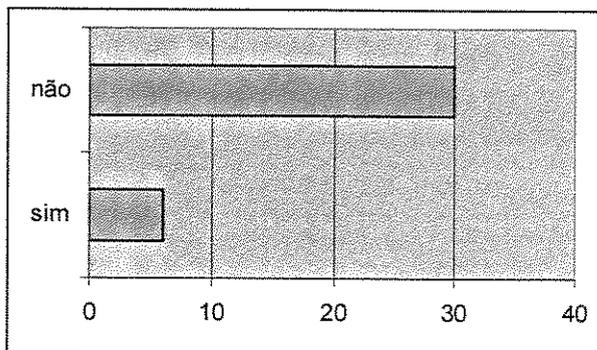


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

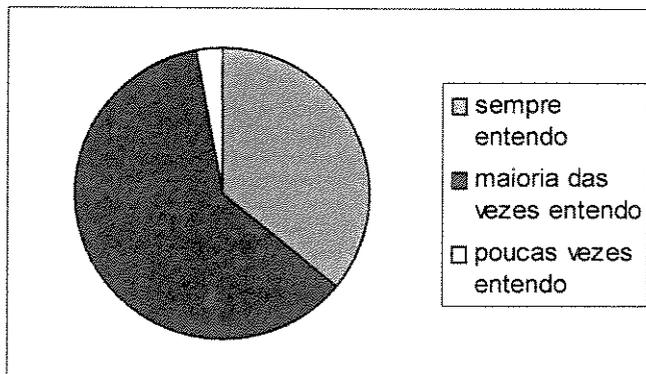
10. Já tiveram aulas particulares de Matemática:

Aulas particulares de Matemática	Quantidade de Alunos
sim	6
não	30



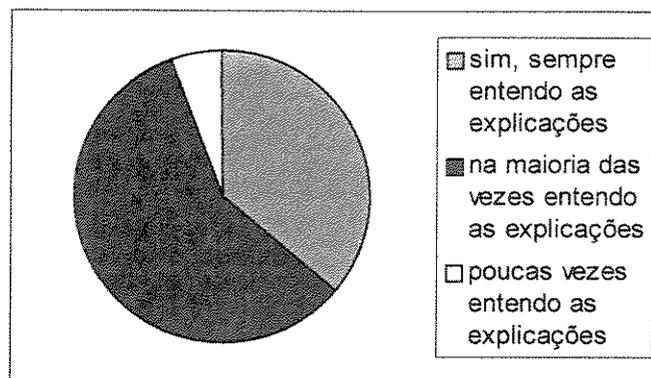
11. Entendem a matéria e os problemas em aula:

Entende a matéria em aula	Quantidade de alunos
sempre entendo	13
maioria das vezes entendo	22
poucas vezes entendo	1



12. Explicações do professor de Matemática:

Explicações do professor são suficientes	Quantidade de alunos
sim, sempre entendo as explicações	13
na maioria das vezes entendo as explicações	21
poucas vezes entendo as explicações	2

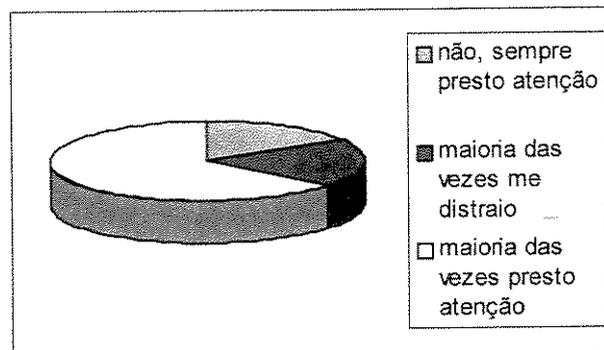


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

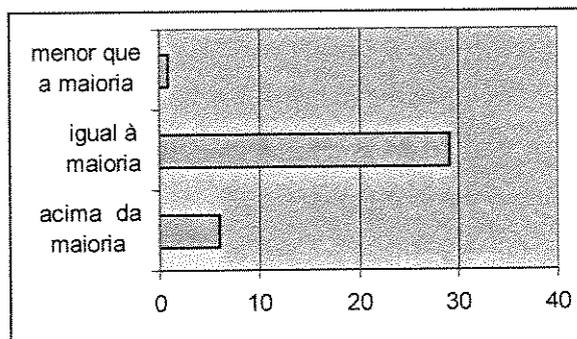
13. Facilidade de distração durante a aula:

Distração na aula	Quantidade de alunos
não, sempre presto atenção	6
maioria das vezes me distraio	7
maioria das vezes presto atenção	23



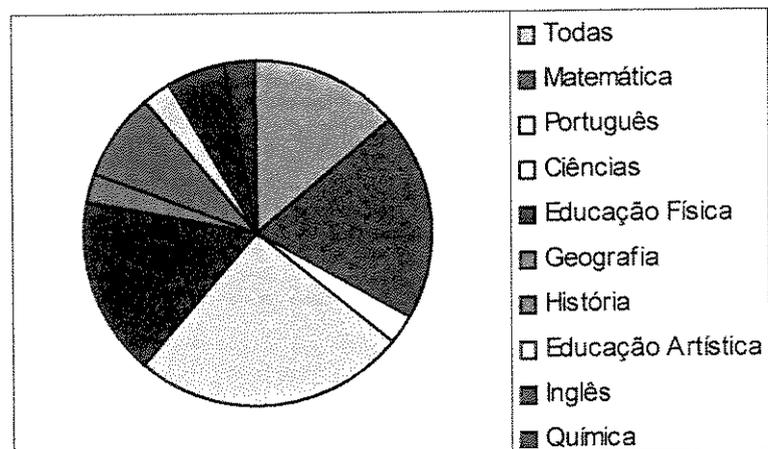
14. Notas de Matemática:

Notas de Matemática	Quantidade de alunos
acima da maioria	6
igual à maioria	29
menor que a maioria	1



15. Matéria que mais gostam:

Disciplina que mais gosta	Quantidade de alunos
Gosto de todas	5
Matemática	7
Português	1
Ciências	9
Educação Física	6
Geografia	1
História	3
Educação Artística	1
Inglês	2
Química	1

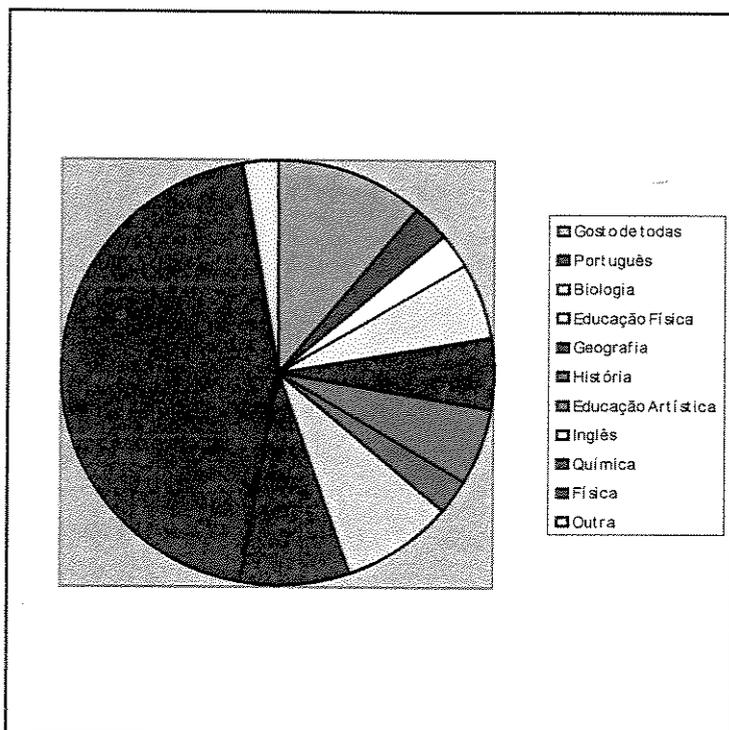


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

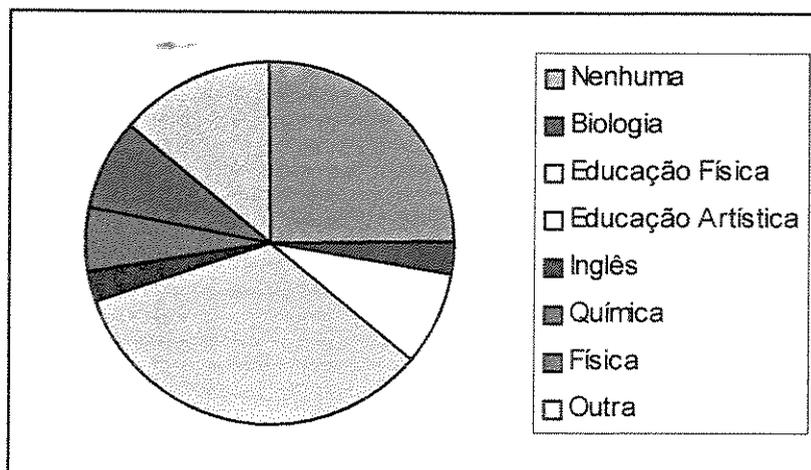
16. Matéria que menos gostam:

Matéria que menos gosta	Quantidade de alunos
Gosto de todas	4
Português	1
Biologia	1
Educação Física	2
Geografia	2
História	2
Educação Artística	1
Inglês	3
Química	3
Física	16
Outra	1



17. Qual matéria tirariam da escola:

Matéria que tiraria da escola	Quantidade de alunos
Nenhuma	9
Biologia	1
Educação Física	3
Educação Artística	12
Inglês	1
Química	2
Física	3
Outra	5

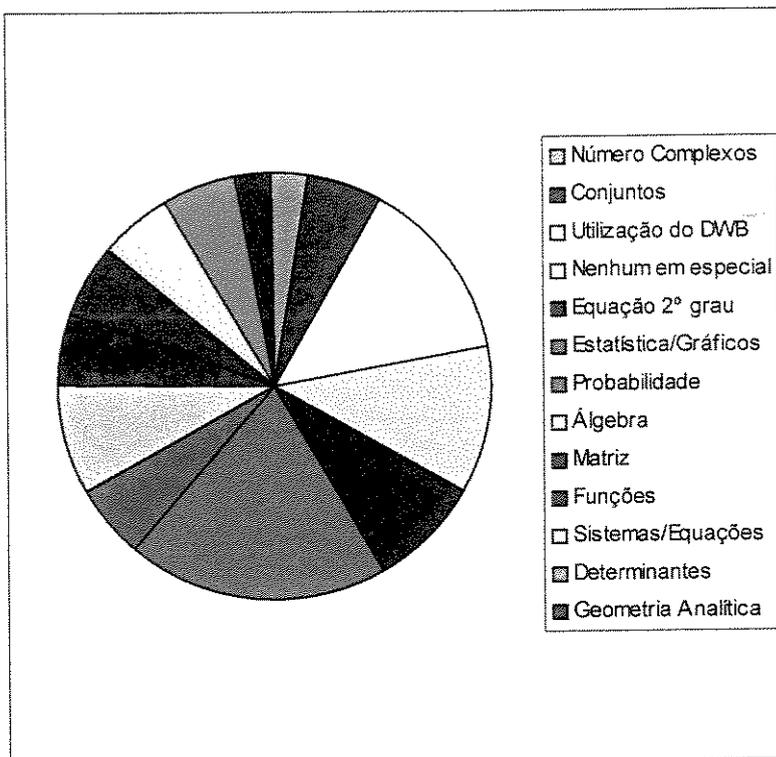


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

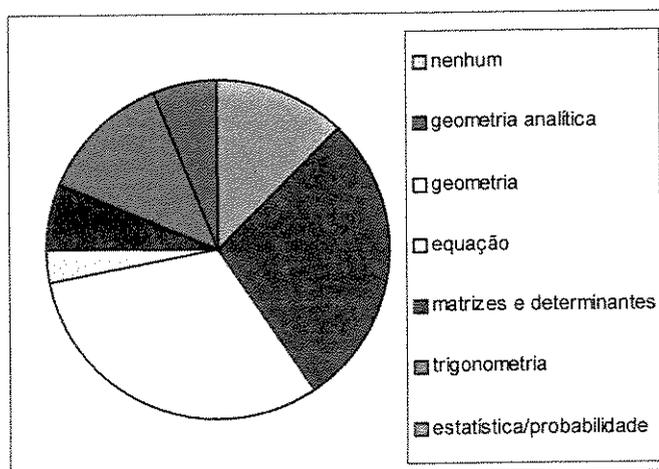
18. Conteúdo de Matemática que mais gostaram de estudar:

Conteúdo	Quantidade alunos
Número Complexos	1
Conjuntos	2
Utilização do DWB	5
Nenhum em especial	4
Equação 2º grau	3
Estatística/Gráficos	7
Probabilidade	2
Álgebra	3
Matriz	2
Funções	2
Sistemas/Equações	2
Determinantes	2
Geometria Analítica	1



19. Conteúdo de Matemática que menos gostaram de estudar:

Conteúdo	Quantidade de alunos
nenhum	4
geometria analítica	9
geometria	10
equação	1
matrizes e determinantes	2
trigonometria	4
estatística/probabilidade	2

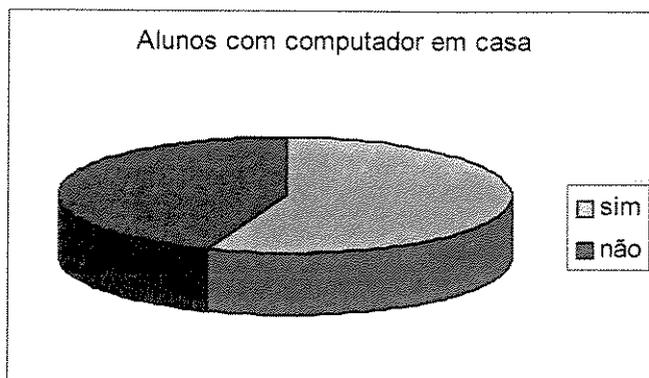


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

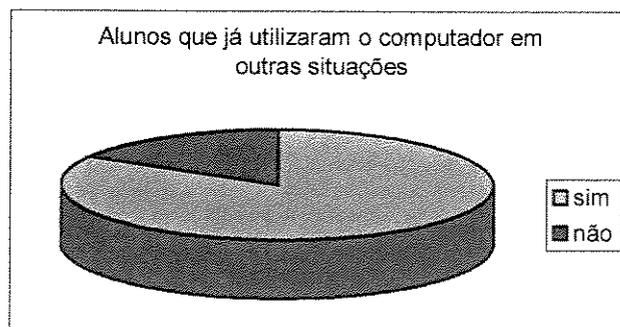
20. Computador em casa:

Tem computador	Quantidade de alunos
sim	20
não	16



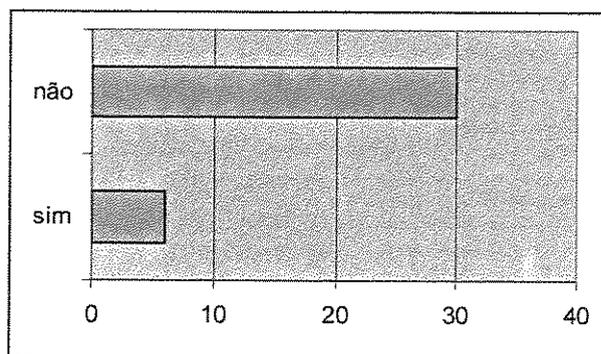
21. Utilização de computador em outras situações :

Utilizou o computador em outras situações	Quantidade de alunos
sim	30
não	6



22. Dificuldades para manusear as operações básicas de *mouse* e janelas:

Dificuldades com operações básicas	Quantidade de alunos
sim	6
não	30

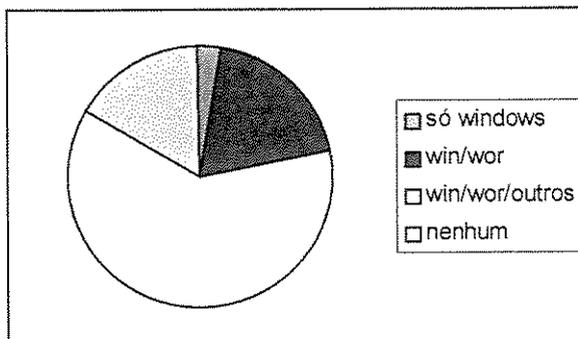


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

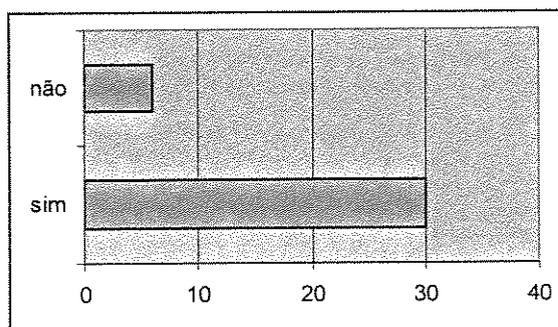
23. Aplicativos já utilizados:

Aplicativo já utilizado	Quantidade de alunos
só windows	1
win/wor	7
win/wor/outros	22
nenhum	6



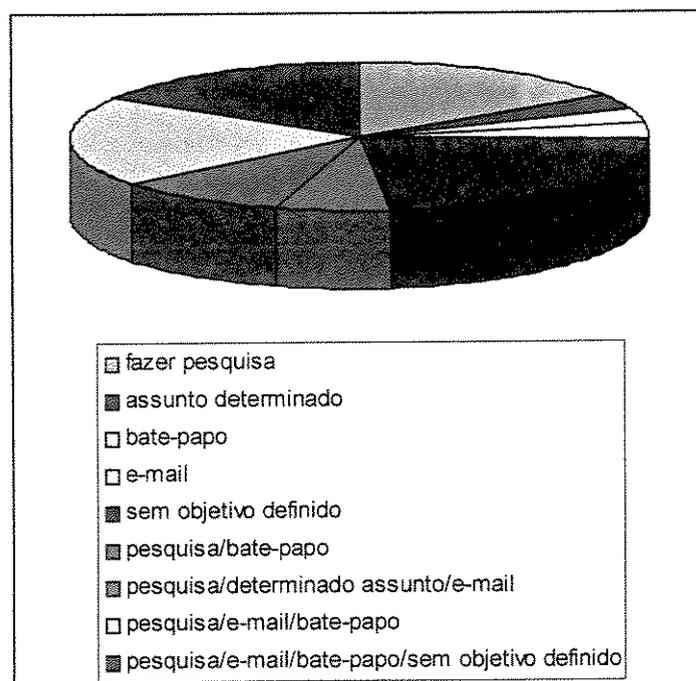
24. Internet:

Usa internet	Quantidade de alunos
sim	30
não	6



25. Acessam internet para:

Acessa internet para	Quantidade de alunos
fazer pesquisa	5
assunto determinado	1
bate-papo	1
e-mail	1
sem objetivo definido	7
pesquisa/bate-papo	2
pesquisa/determinado assunto/e-mail	3
pesquisa/e-mail/bate-papo	6
pesquisa/e-mail/bate-papo/sem objetivo definido	5

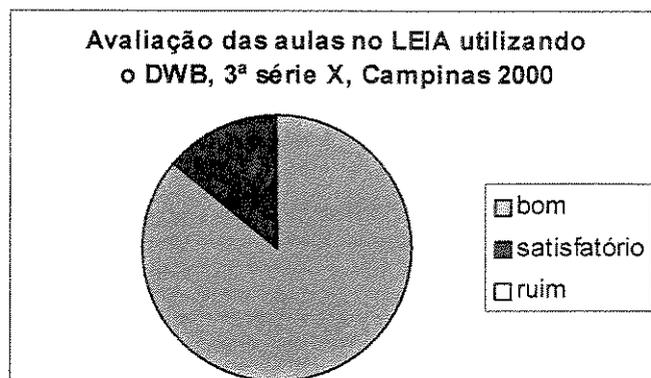


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

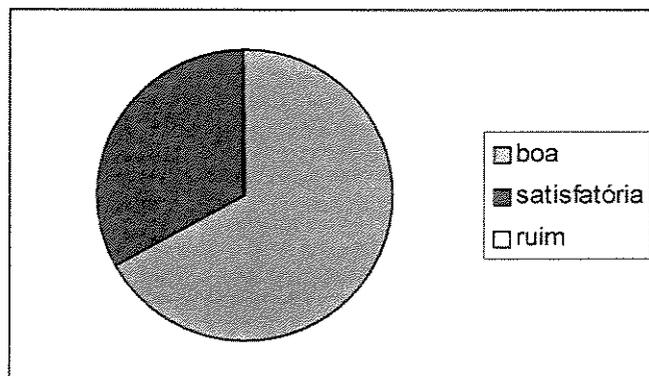
26. Avaliação das aulas no LEIA utilizando o DWB:

avaliação das aulas	Quantidade de alunos
bom	31
satisfatório	5
ruim	0



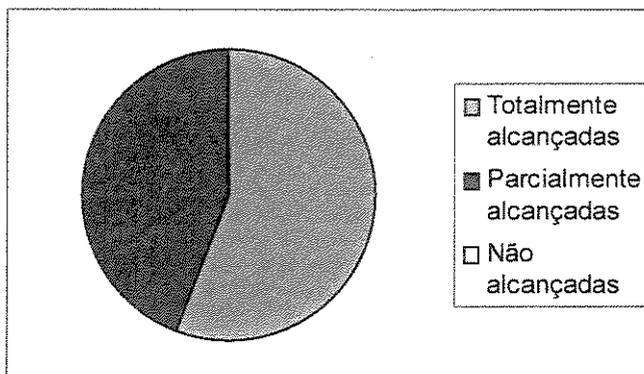
27. Participação nas aulas:

Participação nas aulas com DWB	Quantidade de alunos
boa	24
satisfatória	12
ruim	0



28. Expectativas com as aulas usando o DWB:

Expectativas com as aulas com o DWB	Quantidade de alunos
Totalmente alcançadas	20
Parcialmente alcançadas	16
Não alcançadas	0

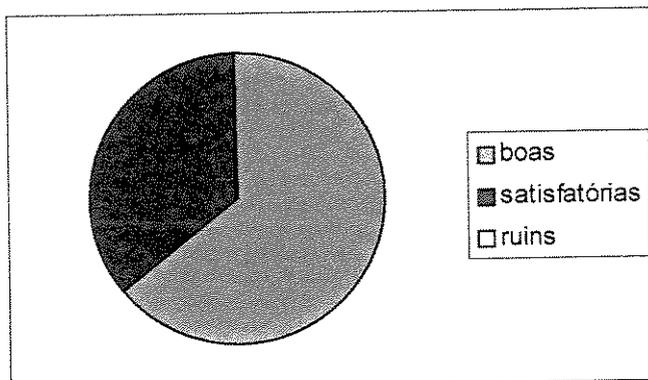


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

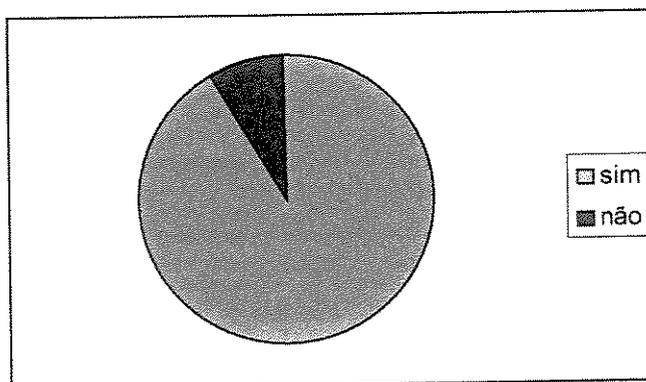
29. Avaliação da atividades realizadas nos encontros utilizando DWB:

Avaliação das atividades	Quantidade de alunos
boas	23
satisfatórias	13
ruins	0



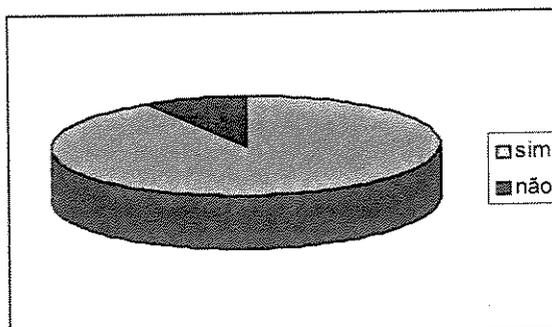
30. Utilização do computador e melhoria de desempenho escolar:

Aula com computador e melhoria de desempenho escolar	Quantidade de alunos
sim	33
não	3



31. Computador pode facilitar a aprendizagem na escola:

Aula com computador e melhoria da aprendizagem	Quantidade de alunos
sim	33
não	3

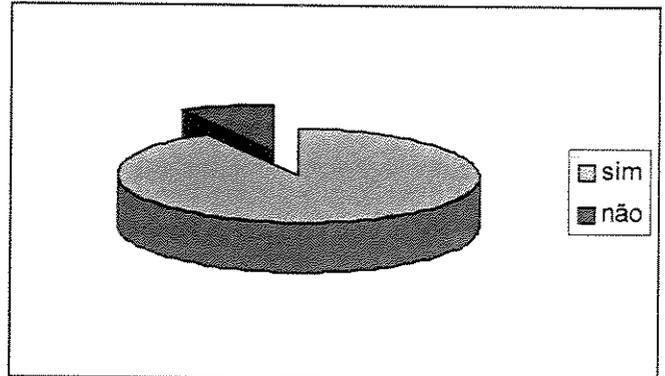


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

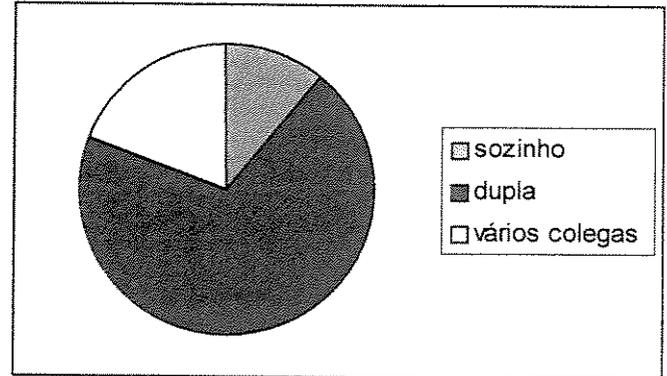
32. O computador é importante na vida diária das pessoas:

Computador é importante na vida diária	Quantidade de alunos
sim	33
não	3



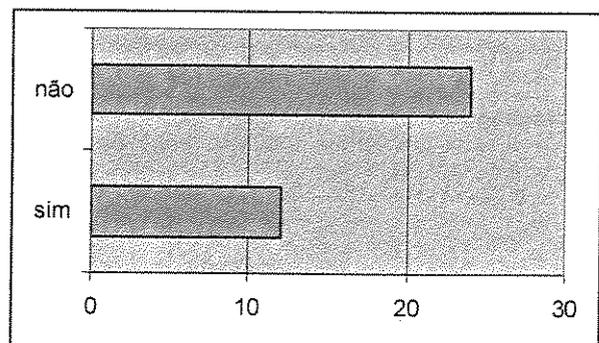
33. Preferência para o desenvolvimento dos trabalhos escolares:

Preferência para resolver as tarefas	Quantidade de alunos
sozinho	4
dupla	25
vários colegas	7



34. Auxiliam os colegas nas tarefas de Matemática mais do que eles ajudam:

Auxiliam o colega mais do que este a ele	Quantidade de alunos
sim	12
não	24

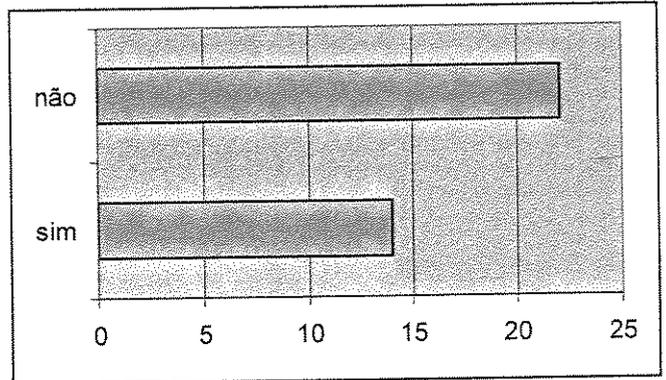


ANEXO 5

Tabulação do Questionário Informativo (Anexo 2)

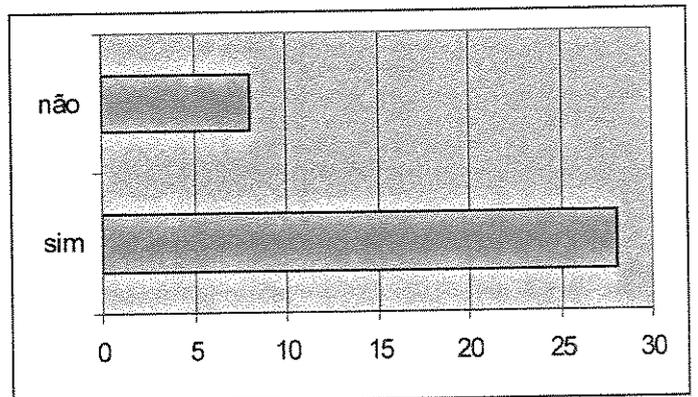
35. Colegas ajudam mais nas tarefas de Matemática:

colegas ajudam mais na solução das tarefas	Quantidade de alunos
sim	14
não	22



36. Atividades no computador devem ser realizadas em dupla:

Trabalho em dupla no computador	Quantidade de alunos
sim	28
não	8



37. Trabalho em dupla auxilia na aprendizagem mais do que trabalhar sozinho:

Trabalho em dupla auxilia a aprendizagem mais do que trabalhar sozinho	Quantidade de alunos
sim	30
não	6

