

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
NÚCLEO PEDAGÓGICO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICAS

EDUCAÇÃO MATEMÁTICA ATRAVÉS DE INTERFACES COMPUTACIONAIS: O
PAPEL DE COMPONENTES INTERATIVOS NA POSTURA EXPLORATÓRIA E
NA APRENDIZAGEM

SILVIO CARLOS FERREIRA PEREIRA FILHO

BELÉM / PA

2008

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) –
Biblioteca do NPADC, UFPA**

Pereira Filho, Sílvio Carlos Ferreira.

Educação matemática através de interfaces computacionais: o papel de componentes interativos na postura exploratória e na aprendizagem / Sílvio Carlos Ferreira Pereira Filho, orientador Prof. Dr. Danilo Teixeira Alves. – 2008.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Belém, 2008.

1. Matemática – estudo e ensino. 2. Informática – Educação. 3. Interfaces de usuário (Sistemas de computação). 4. Aprendizagem. I. Alves, Danilo Teixeira, orient. II. Título.

SILVIO CARLOS FERREIRA PEREIRA FILHO

**EDUCAÇÃO MATEMÁTICA ATRAVÉS DE INTERFACES COMPUTACIONAIS: O
PAPEL DE COMPONENTES INTERATIVOS NA POSTURA EXPLORATÓRIA E
NA APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas do Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico da Universidade Federal do Pará, como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Prof. Dr. Danilo Teixeira Alves – Orientador

BELÉM / PA

2008

**EDUCAÇÃO MATEMÁTICA ATRAVÉS DE INTERFACES COMPUTACIONAIS: O
PAPEL DE COMPONENTES INTERATIVOS NA POSTURA EXPLORATÓRIA E
NA APRENDIZAGEM**

Por

SILVIO CARLOS FERREIRA PEREIRA FILHO

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca
examinadora formada por:

Presidente/Orientador: Danilo Teixeira Alves - UFPA, Doutor em Física pelo CBPF

Membro: Adilson Oliveira do Espírito Santo - UFPA, Doutor em Engenharia Elétrica pela
UNICAMP

Membro: Prof. Benedito de Jesus Pinheiro Ferreira - UFPA, Doutor em Engenharia de
Sistemas e Computação pela UFRJ

Belém, 10 de dezembro de 2008.

Dedico este trabalho a todos que, de maneira direta ou indireta, contribuíram e contribuem para o meu sucesso. Essa vitória também é de todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela vida e força para realizar meus sonhos.

Agradeço a minha mãe Nilzete pela criação, pela educação e pelos diversos sacrifícios em prol de meu crescimento.

Agradeço a meus pais, Silvio Carlos e José Luiz, pelo esforço e exemplo para minha vida.

Agradeço a minha irmã Lígia pelos diversos momentos de alegria, compreensão e apoio.

Agradeço a minha esposa Melânia que é a benção viva de DEUS – concedida para estar ao meu lado – que tem trazido, com as suas sábias palavras, força e conforto nos momentos difíceis. Também agradeço a minha filha Sophia que diversas vezes, apenas com seu sorriso, transformou o estresse e a preocupação em paz e felicidade.

Agradeço ao meu orientador, Danilo Teixeira Alves, que tem sido um verdadeiro modelo intelectual e moral.

Aos amigos de “longa distância” Edgardo Cheb-Terrab e Katherina Von Bulow pelo diversos momentos de apoio e compreensão.

Agradeço à EDUKANET e ao CNPQ, pelo apoio financeiro durante as pesquisas deste trabalho.

Aos professores e colegas do NPADC pela caminhada conjunta rumo a mais um grau de aperfeiçoamento no desafio contínuo da vida.

À Andréa Lilian Marques da Costa que, por meio de sua disponibilidade e discussões, nos colocou em contato com os primeiros conceitos, os quais se tornaram fundamentais durante este trabalho.

Aos amigos do Departamento de Psicologia pelas preciosas discussões e contribuições, em especial a Romariz Barros, Thiago Dias Costa e a Leonardo Marques pelas discussões mais detalhadas sobre os diversos aspectos psicológicos envolvidos neste trabalho.

Aos irmãos do Grupo de Casimir da UFPA pelo companheirismo e apoio.

Ao prof. Klaus Cozzolino e ao colega Alberto Guedes pela autorização e apoio no uso do Laboratório de Informática do Laboratório de Física-Ensino para coletas de dados.

Aos colegas do Laboratório de Demonstrações e do Museu Interativo da Física pela atenção dada aos estudantes que participaram da coleta de dados executada na UFPA.

À nova amizade de Rommel Thiago e Glaucó Cohen e suas inúmeras contribuições e ideias valiosas durante o andamento desta pesquisa

À diretora da Escola Estadual Pedro Amazonas Pedroso, Dircineide Pinto, e a Vice-Diretora, Maria das Graças Gomes, e ao professor de matemática Ronaldo e ao professor do Laboratório de Informática Luciano Melo, ambos também da Escola Pedro Amazonas Pedroso, pela contribuição que tornou possível a execução da coleta de dados nessa escola. Igualmente, agradecemos à diretora da Escola Estadual Paes de Carvalho, Socorro Maciel, e ao professor de Física Wagner Pires pela contribuição que tornou possível a coleta de dados nesta escola.

Quem, de três milênios, não é capaz de se dar conta, vive na ignorância, na sombra, a mercê dos dias, do tempo.

Johann Wolfgang von Goethe

SUMÁRIO

Agradecimentos	vi
Sumário.....	ix
Resumo	xi
Abstract.....	xii
Lista de Figuras e Tabelas	xiii
1. Introdução.....	15
1.1 As máquinas de ensinar.....	15
1.2 Ensino programado: uma metodologia para o uso do feedback instantâneo provido pelas máquinas de ensinar.....	17
1.3 Máquinas de ensinar versus livros impressos.	18
1.4 O advento dos computadores de grande porte: nova dimensão ao grau de complexidade do feedback imediato.....	19
1.5 O advento dos microcomputadores: avanços no grau de complexidade do feedback imediato e disseminação do uso de computadores em escolas.....	20
1.6 O avanço dos componentes interativos nos computadores	20
1.7 O advento da Internet: nova dimensão na complexidade do feedback imediato provido pelos computadores.	21
1.8 O ensino de Matemática e Física através do computador: uma perspectiva atual	22
1.9 Classificando os componentes interativos virtuais	25
1.10 Objetivos do presente trabalho	26
2. Metodologia.....	28
2.1 Descrição da Ferramenta de Pesquisa	28
2.1.1 Descrevendo as interfaces A e B	28
2.1.1.1 Tema da Interface	28
2.1.1.2 Estrutura comum	28
2.1.1.2.1 Área das Questões Direcionadoras	29
2.1.1.2.2 Área da Ferramenta de Exploração	32
2.1.1.3 Os componentes interativos das interfaces A e B	33
2.1.1.4 Registro de informações	34
2.1.2 Descrevendo as interfaces C e D	35
2.1.2.1 Registro de Informações.....	38
2.2 Metodologia de análise dos dados.....	39
2.2.1 Postura exploratória	39
2.2.1.1 Episódio de interação	39
2.2.1.2 Tipos de exploração.....	40
2.2.2 Aprendizagem.....	40
2.3 Coleta de dados	41
3. Dados Coletados.....	42
3.1 Postura Exploratória.....	43

3.1.1	Ausência de Episódios de Interação Válidos	43
3.1.2	Presença de Episódios de Interação Válidos	44
3.1.2.1	Episódios de interação válidos	44
3.1.2.2	Episódios de interação inválidos	45
3.1.2.3	Exploração Tipo 1	46
3.1.2.4	Exploração Tipo 2	47
3.1.2.5	Tempo de interação	48
3.2	Análise da Aprendizagem	49
3.3	Justificativas para as respostas	50
4.	Conclusões e Comentários Finais.....	51
5.	Referências	54
Anexo A – Modelo de Arquivo de Monitoramento das Interfaces A e B de Exploração		56
Anexo B – Modelo de Arquivo de Monitoramento das Interfaces C e D de Teste de Conhecimento.....		58
Anexo C - Modelo de Arquivo de Relatório de Aprendizagem após o Uso das Interfaces C e D.....		59

RESUMO

Neste trabalho, investigamos o papel de componentes interativos, frequentemente utilizados na construção de interfaces computacionais educativas, na postura exploratória do estudante e na aprendizagem de conceitos matemáticos. Selecionamos para esta pesquisa os seguintes componentes: caixa de combinações (combo box) e campo de texto (text field). Do ponto de vista educacional, estes componentes têm papéis distintos: o primeiro orienta as escolhas do estudante durante um processo exploratório, enquanto que o segundo não oferece qualquer orientação. Para comparar o papel desses componentes, desenvolvemos duas interfaces computacionais interativas através das quais o estudante pode explorar o comportamento gráfico de uma função do primeiro grau. Ambas as interfaces são idênticas entre si, a menos do componente interativo empregado: em uma delas foi utilizado a caixa de combinações e em outra o campo de texto. Tanto a postura exploratória quanto o desempenho em testes de conhecimento foram avaliados a partir de medidas diretas registradas pelas próprias interfaces. A postura exploratória foi avaliada através do número e do tipo de interações do estudante com o componente interativo, sendo este registro uma das características singulares desta pesquisa, pois permite a observação de alguns comportamentos do estudante durante o processo de interação com a interface, e não somente antes e após a interação. Dentro da limitação da ferramenta de coleta de dados da presente pesquisa, a aprendizagem foi medida através da comparação do desempenho em testes de conhecimento aplicados antes e depois do uso dos componentes interativos pelos estudantes. Neste contexto, diferenças significativas no papel de cada componente na postura exploratória e na aprendizagem foram então observadas.

Palavras-chave: educação matemática, interfaces computacionais, aprendizagem, comportamento exploratório.

ABSTRACT

In this work, we investigate the role of interactive components frequently used at educational computer-interfaces design at the exploratory posture and learning mathematics concepts. We selected two components in this research: combo box and text field. From educational perspective these components have distinct role: the former guides the student's choices in exploratory process, the second don't offer any guidance. In order to compare the role of these components, we have built two interactive interfaces, used by students to explore the graphical behavior of the linear function. Both interfaces are identical except for the components (combo box and field text). The exploratory posture and performance on knowledge test were assessed through data collected by the own interfaces. The exploratory posture was assessed through amount and exploration type with interactive component, this collect was a unique feature of this research allowing us to observe student's behavior while interactive process instead of before and after interaction. Due the limitation of the tool used to collect data in this research, learning was measured by comparison of performance on knowledge tests applied before and after student's uses of interactive components. In this context we noticed significant differences at the exploratory posture and development among students in two groups, each one using one kind of interactive component.

Keywords: mathematics education, computer interfaces, learning, exploratory posture.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1.1: Alguns exemplos de componentes interativos virtuais	21
Figura 1.2: Interface de exploração do comportamento gráfico de funções do primeiro e segundo grau, produzida no contexto do projeto PhET.....	24
Figura 1.3: Interface de exploração do procedimento de escalonamento de um sistema de equações lineares, produzida no contexto do projeto Edukanet.....	25
Figura 2.1: Interface A na qual foi inserido o componente caixa de combinações para a inserção dos valores dos parâmetros a e b da função de primeiro grau. Cada área desta interface possui a cor de fundo branca. O lado esquerdo da interface é a área das <i>questões direcionadoras</i> , o lado direito é a área da <i>ferramenta de exploração</i> . A parte inferior da interface é a área onde o estudante poderia finalizar a atividade após responder as quatro questões direcionadoras.	29
Figura 2.2: Exemplo de questão direcionadora. O gráfico desta questão ilustra a rotação do gráfico da função de primeiro em sentido anti-horário quando o parâmetro a desta é aumentado sucessivamente.....	31
Tabela 2.1: Animações inseridas nas questões direcionadoras das interfaces A e B	32
Figura 2.3: Ferramenta de exploração da interface A, a qual utiliza o componente caixa de combinações.	33
Figura 2.4: Ferramenta de exploração da interface B, a qual utiliza o componente campo de texto.	33
Figura 2.5: Interface D de teste de conhecimento final, exibindo a primeira das quatro questões que o compõe. Os gráficos exibidos nesta interface são representações estáticas de animações que são iniciadas quando o dispositivo apontador está sobre cada um deles.	36
Tabela 2.2: Questões da interface C.	37
Tabela 2.3: Questões da interface D.....	37
Tabela 2.4: Alternativas de resposta de todas as questão das interfaces C e D.....	37
Tabela 3.1 : Total de estudantes participantes da pesquisa agrupados por interface utilizada e escola.	42
Tabela 3.2 : Total de estudantes participantes da pesquisa agrupados por interface utilizada e série.....	42
Tabela 3.3: Total de estudantes participantes da pesquisa agrupados por série e escola.	42
Tabela 3.4: Número de estudantes que não completaram pelo menos um episódio de interação válido agrupados por interface utilizada.....	43

Tabela 3.5 : Número de estudantes por escola que não completaram pelo menos um episódio de interação válido.....	43
Tabela 3.6: Número de estudantes por série que não completaram pelo menos um episódio de interação válido.....	44
Tabela 3.7: Média, por estudante, do número de episódios de interação válidos.	44
Tabela 3.8: Média, por estudante, do número de episódios de interação válidos, agrupados por escola.	45
Tabela 3.9: Média, por estudante, do número de episódios de interação válidos, agrupados por série.....	45
Tabela 3.10: Média, por estudante, do número de episódios de interações inválidos.....	45
Tabela 3.11: Média, por estudante, do número de episódios de interação inválidos, agrupados por escola.	46
Tabela 3.12: Média, por estudante, do número de episódios de interação inválidos, agrupados por série.	46
Tabela 3.13: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 1 (variação de um dos parâmetros da função, com o outro fixado).	46
Tabela 3.14: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 1, agrupados por escola.....	47
Tabela 3.15: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 1, agrupados por série.	47
Tabela 3.16: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 2 (variação de ambos os parâmetros da função).....	47
Tabela 3.17: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 2, agrupados por escola.....	48
Tabela 3.18 Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 2, agrupados por série.	48
Tabela 3.19: Tempo médio de interação por estudante.	49
Tabela 3.20: Média, por estudante, da melhora efetiva no desempenho relacionada a existência de interações válidas.	49
Tabela 3.21: Média, por estudante, da melhora efetiva no desempenho relacionada a existência de interações válidas, agrupados por escola.	49
Tabela 3.22: Média, por estudante, da melhora efetiva no desempenho relacionada a existência de interações válidas, agrupados por série.....	50

1. INTRODUÇÃO

1.1 As máquinas de ensinar

O ensino através do uso de computadores tem suas raízes nas primeiras máquinas de ensinar criadas pelo psicólogo Sidney Pressey, em 1924. As máquinas de ensinar de Pressey funcionavam, basicamente, como máquinas de execução e correção de testes de múltipla escolha, onde o estudante escolhia a resposta correta de cada questão acionando um dos botões da máquina que correspondiam às alternativas de resposta” (PRESSEY, 1926). Em uma possibilidade de uso das máquinas, “se fosse escolhida a resposta correta, a próxima questão da prova seria exibida, caso contrário o estudante deveria escolher uma alternativa, até encontrar a resposta correta” (PRESSEY, 1926). Segundo Skinner: “Estas máquinas, como Pressey indicava, podiam não só testar e avaliar, podiam também ensinar. Quando um exame somente é corrigido e devolvido depois de uma demora de horas ou dias, o comportamento do estudante não se modifica apreciavelmente. O resultado imediato fornecido pelo aparelho de auto-avaliação, entretanto, pode ter um importante efeito educativo.” (SKINNER B. F., 1975, p. 29). Skinner comenta, ainda, que “Pressey parece ter sido o primeiro a acentuar a importância do resultado (*feedback*) imediato na educação e a propor um sistema no qual o aluno pode progredir no seu próprio ritmo. E, acima de tudo, concebeu uma máquina que (...) permitia ao estudante uma participação ativa” (SKINNER B. F., 1975). Ainda segundo Skinner: “Mesmo numa classe pequena, o professor geralmente sabe que está indo muito devagar para alguns alunos e muito depressa para outros. Aqueles que podem ir mais depressa sofrem, e aqueles que deveriam ir mais devagar são mal ensinados e desnecessariamente castigados pelas críticas e insucessos. A instrução com máquinas permite que cada aluno progrida no seu próprio ritmo” (SKINNER B. F., 1989).

Os argumentos comumente empregados hoje para destacar as vantagens do uso do computador na educação são os mesmos argumentos utilizados por Skinner na década de 50

para mostrar as vantagens das máquinas de Pressey, conforme mostrado anteriormente: *feedback* imediato, aprendizagem em ritmo próprio e postura mais ativa (LA TAILLE, 1990). Consideramos como a mais fundamental das características atribuídas às máquinas de Pressey descritas acima a ampliação do *feedback* imediato e individualizado a ações do estudante que estas máquinas possibilitaram. No caso das máquinas de Pressey, a possibilidade de *feedback* imediato foi empregado visando proporcionar, de modo confirmatório e corretivo, a avaliação através de questões de múltipla escolha.

Notemos qual era o *componente interativo* – o componente da máquina através do qual o usuário pode inserir “informações” a fim de obter, desta, a resposta correspondente – das máquinas de Pressey: um conjunto de botões físicos através do qual o estudante podia selecionar a resposta correta de cada questão e um mecanismo visual que informava instantaneamente ao estudante se a resposta selecionada havia sido ou não a correta. Esse componente interativo, o botão, abriu possibilidade para o desenvolvimento de atividades de ensino que implicassem em:

- Participação mais ativa do estudante;
- Progressão no estudo em ritmo mais individualizado.

O que discutiremos a seguir é uma breve visão histórica de:

1. Como o grau de complexidade do *feedback* imediato evoluiu ao longo do tempo, à medida que se passou das máquinas de ensino de Pressey (onde o apertar de botões produzia indicação de acertos e erros), aos atuais computadores (onde, por exemplo, a inserção de parâmetros numa equação pode levar à visualização tridimensional de sua solução). Note-se que o *grau de complexidade do feedback* imediato está intimamente ligado à *evolução dos componentes interativos* utilizados.

2. Como diversas metodologias de ensino se apropriaram do *feedback* imediato proporcionado pelas máquinas e computadores, no contexto de suas práticas pedagógicas.

1.2 Ensino programado: uma metodologia para o uso do *feedback* instantâneo provido pelas máquinas de ensinar.

A eficiência das máquinas de Pressey como ferramentas de ensino e aprendizagem, naturalmente dependia da forma como os itens instrutivos, exercícios e questões eram sequenciados (LOURENÇO FILHO, 1968). Mencionaremos algumas propostas para este sequenciamento, que passaram a ser chamadas de *programas de ensino*. Uma delas baseou-se na psicologia experimental comportamentalista – também conhecida *behaviorismo* – que vê a resposta do estudante como parte integrante do processo de aprendizagem (CROWDER, 1962). Esta escola teve em Skinner seu mais conhecido representante. De acordo com Skinner (1972), um bom programa de ensino conduz “(...) o aluno passo a passo, estando cada passo ao seu alcance e o aluno geralmente entende antes de ir adiante” (SKINNER B. F., 1972), sendo essa condução através de “aproximações sucessivas na direção do comportamento complexo final desejado” (SKINNER B. F., 1972). Em cada um desses passos, o aluno é estimulado à postura ativa, dando resposta a um estímulo, uma pergunta, por exemplo, e imediatamente recebendo o reforço. Mais ainda, o aluno é estimulado a gerar respostas corretas, que então são reforçadas. A dimensão apropriada de cada unidade está relacionada com a quantidade de conteúdo que o estudante pode aprender de modo a ser bem sucedido no processo de avaliação (BALABANIAN, 1974). Para a teoria comportamentalista, o sucesso na avaliação atua como um reforço positivo às respostas corretas dadas pelo estudante e, conseqüentemente, ao comportamento de “estudar”, que possibilita a ele responder corretamente, conduzindo-o à aprendizagem. A ideia, então, desse tipo de divisão é garantir máxima efetividade através do aumento no número de reforçadores (POCZTAR, 1972).

Para Crowder (1962), contemporâneo de Skinner, o foco principal do *ensino programado* estaria em utilizar a resposta do estudante para controlar seu percurso através do material de ensino apresentado, em vez de usá-la como parte do processo de aprendizagem. Por razões “puramente práticas” – argumentava Crowder – questões do tipo múltipla escolha deveriam ser usadas no lugar daquelas que solicitavam completar uma frase, uma vez que em sua época era (e, em termos, ainda é) difícil dotar uma máquina da capacidade de avaliar as respostas escritas ou construídas livremente pelo estudante. Para ele, as respostas serviriam para determinar se o estudante aprendeu o material apresentado, selecionar o material corretivo apropriado para o caso do estudante não aprender – ou responder corretamente às perguntas –, prover prática com os conceitos envolvidos, manter o estudante ativamente interagindo com o material e servir de motivação para o estudante quando ele responde as questões corretamente. Este tipo de programa de ensino ficou conhecido como *programação intrínseca*. Como descrito por Crowder (1962), a técnica básica da programação intrínseca vem a ser, então, não mais do que a inclusão de questões do tipo múltipla escolha, em textos relativamente convencionais, cujo objetivo é verificar continuamente o progresso do estudante através do material apresentado e proporcionar a ele material específico que permita a aprendizagem do conteúdo.

1.3 Máquinas de ensinar versus livros impressos.

Verificou-se na época em que Skinner e Crowder, que o ensino programado poderia ser apresentado não só em máquinas, mas também em livros, cujos textos obedecessem a certo arranjo especial (LOURENÇO FILHO, 1968). Se, por um lado, as máquinas de ensinar podiam dar *feedback* mais rapidamente em relação a um livro, por outro, conforme argumenta

Montmollin (1965), a limitação técnica¹ das máquinas de ensinar restringia os objetivos do ensino programado. Segundo este autor, o ensino programado veiculado através das máquinas de ensinar mostrou resultados pedagógicos inferiores à mesma metodologia empregada em textos programados. Neste contexto, mesmo com o *feedback* imediato proporcionado pelas máquinas de ensinar, estas ainda estavam, aparentemente, em desvantagem se comparadas aos livros impressos apesar do *feedback* mais lento inerente, por exemplo, para o estudante descobrir se uma resposta está ou não correta, ele precisa comparar sua resposta com aquela registrada como correta em alguma seção do livro.

1.4 O advento dos computadores de grande porte: nova dimensão ao grau de complexidade do *feedback* imediato.

O advento dos computadores de grande porte, na década de 50, criou uma nova dimensão em relação ao grau de complexidade do *feedback* imediato proporcionável ao estudante devido às maiores possibilidades técnicas que os computadores dispõem em comparação às máquinas de ensinar. No início dos anos 60, vários softwares foram elaborados seguindo a linha histórica conduzida pela instrução programada. “Nascia a instrução auxiliada por computador ou o *Computer-Aided-Instruction* (CAI)” (VALENTE, 1999, p. 3). No entanto, a aquisição de computadores de grande porte era viável somente às grandes instituições, pois o custo era alto. Por esse motivo, as primeiras experiências sobre o uso de computadores na educação se deram, exclusivamente, em universidades e centro de pesquisas, como o Centro de Pesquisas Watson, da IBM e a Universidade de Illinois (VALENTE, 1999).

¹ As Máquinas de Ensinar de Pressey eram constituídas de um componente que exibia o número de ordem da questão cujo enunciado deveria ser lido em material de apoio impresso. Para responder a essa questão, o estudante deveria pressionar um botão, dentre um conjunto deles. Cada botão representava uma das alternativas de respostas também impressas juntamente com o enunciado da questão no material de apoio.

1.5 O advento dos microcomputadores: avanços no grau de complexidade do *feedback* imediato e disseminação do uso de computadores em escolas

Somente com a comercialização em larga escala, no início da década de 80, dos microcomputadores – financeiramente mais acessíveis do que os computadores de grande porte – o uso dos computadores na educação passou a ser disseminar em escolas. Juntamente com esta disseminação, seguiu-se o crescimento do grau de complexidade do *feedback* imediato dado por essas máquinas, o que permitiu “a divulgação de novas modalidades do uso do computador na educação, como ferramenta de auxílio de resolução de problemas, na produção de textos, manipulação de banco de dados e controle de processos em tempo real” (VALENTE, 1999, p. 3), o que acarretou uma “produção e diversificação de CAIs, como tutoriais, programas de demonstração, de exercício-e-prática, de avaliação do aprendizado, jogos educacionais e simulação” (VALENTE, 1999, p. 3). Portanto, a diversificação de CAIs está diretamente relacionada com a forma como as novas metodologias de ensino, no contexto de suas práticas pedagógicas, se apropriaram dos avanços no grau de complexidade do *feedback* imediato proporcionado pelos computadores.

1.6 O avanço dos componentes interativos nos computadores

Enquanto na máquina de ensinar de Pressey o componente interativo básico era o botão (objeto físico, através do qual o estudante podia selecionar a resposta correta de cada questão), nos atuais computadores os componentes interativos evoluíram para:

1. Componentes físicos: teclado, mouse, telas sensíveis ao toque, microfones, etc.;
2. Componentes virtuais: botões de ação (*action buttons*), barras de rolagem (*scroll bars*), botões de opção (*radio buttons*), caixas de combinação (*combo box*), campos de texto (*text field*), caixas de verificação (*check box*), etc.

Vamos examinar a função de alguns desses componentes interativos virtuais:

- *Botão de ação*: permite ao usuário efetuar ou solicitar uma ação pré-determinada;
- *Caixa de combinações*: permite ao usuário selecionar um valor a partir de uma lista pré-determinada;
- *Campo de texto*: permite ao usuário inserir, através do teclado, caracteres alfanuméricos isolados ou em sequência de forma livre ou filtrada via programação da interface;
- *Caixa de seleção*: permite ao usuário selecionar uma ou mais opções dentre um conjunto delas;
- *Controle deslizante*: permite ao usuário selecionar determinado valor a partir da rolagem desse componente interativo;

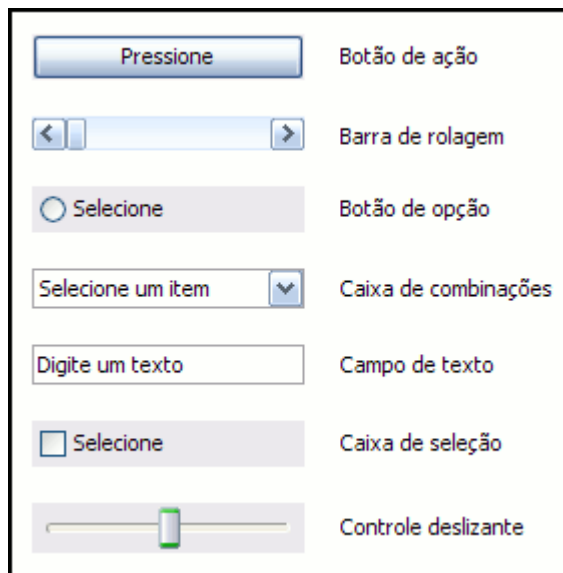


Figura 1.1: Alguns exemplos de componentes interativos virtuais

1.7 O advento da Internet: nova dimensão na complexidade do *feedback* imediato provido pelos computadores.

A colocação de computadores em rede, especificamente na rede mundial de computadores (*World Wide Web*), deu nova dimensão ao *feedback* imediato provido pelos

computadores. Com uma ação, o estudante pode ter como resposta instantânea o acesso a informações armazenadas em outros computadores em diversos lugares do planeta, ou uma resposta instantânea de outro indivíduo. Apropriando-se dessa nova dimensão de *feedback* imediato, foram desenvolvidas várias propostas para ensino à distância.

1.8 O ensino de Matemática e Física através do computador: uma perspectiva atual

Apesar desta história de cerca de 90 anos, entre a criação das máquinas de ensinar de Pressey e os atuais computadores pessoais com acesso à internet, e de todas as propostas de utilização do *feedback* instantâneo provido por essas máquinas em educação, o impacto de tudo isto nas práticas educacionais ainda parece ser relativamente pequeno. De acordo com Wieman (2006), “embora computadores tenham aumentado dramaticamente a produtividade em muitas áreas, o uso deles para melhorar a educação tem sido lento e difícil” (WIEMAN & PERKINS, 2006). Nesse contexto, parece-nos razoável concluir que seria caótica uma situação na qual fossem retirados, repentinamente, os computadores da pesquisa científica, dos aeroportos, dos bancos, e da própria administração escolar... Entretanto, se os computadores fossem retirados, da mesma forma, das salas de aula, ou dos laboratórios de informática das escolas, que impacto isto teria no processo de aprendizagem dos estudantes? E especificamente na aprendizagem de Física e Matemática, que magnitude esta retirada teria? ... A resposta nos parece ser que haveria relativamente quase nenhum impacto, pois, o uso dos computadores nas escolas com fins educacionais ainda tem, efetivamente, pouca relevância. Ironicamente, em algumas situações esta hipotética remoção instantânea dos computadores das escolas parece que até beneficiaria a própria escola: uma pesquisa do Ministério da Educação do Brasil indicou que o aparecimento de novos laboratórios de computadores nas escolas brasileiras estaria fazendo o ensino piorar. Segundo a pesquisa, estudantes que usavam computadores nas escolas estavam seis meses atrasados nas matérias

curriculares em relação aos alunos sem acesso ao equipamento (BIONDI & FELÍCIO, 2007). Ainda mais, outras pesquisas já haviam mostrado que os computadores têm contribuído pouco ou nada para a excelência nas escolas brasileiras (ANTUNES, 2007).

Buscando tornar o computador uma ferramenta de maior impacto positivo na aprendizagem, existem várias iniciativas que visam propor metodologias e desenvolver interfaces computacionais para ensino de Física e Matemática, bem como verificar experimentalmente a eficiência destas. Um exemplo é o projeto PhET (WIEMAN, 2008), que tem explorado o uso de simulações interativas online para favorecer, através de uma exploração semiguiada, a construção própria do estudante sobre sua compreensão de Física e Matemática. Um dos resultados dessa pesquisa mostra que simulações interativas bem produzidas e testadas podem transmitir ideias de forma bem diferente e mais potente que as mídias educacionais tradicionais; também mostra que elas estão em consonância com os estudantes que cresceram na cultura de internet e videogames (WIEMAN & PERKINS, 2006). Vemos na Figura 1.2 um exemplo de interface de simulação produzida no projeto PhET, que trata do comportamento gráfico de funções do primeiro e segundo grau (WIEMAN, 2008).

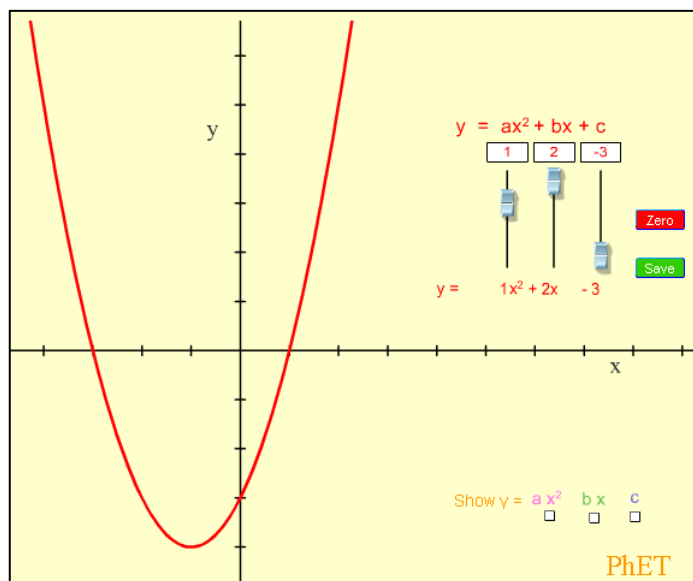


Figura 1.2: Interface de exploração do comportamento gráfico de funções do primeiro e segundo grau, produzida no contexto do projeto PhET

Observamos que a interface mostrada na Figura 1.2 utiliza os componentes interativos: campo de texto, controle deslizante, botão de ação e caixa de verificação. Outra iniciativa que podemos citar é a do projeto Edukanet (2008), ao qual esta pesquisa está vinculada. Este projeto tem por objetivo o desenvolvimento de uma rede de interfaces gráficas computacionais, envolvendo todo o conteúdo de Matemática do Ensino Médio, apresentando mapas visuais da estrutura lógica dos assuntos apresentados, utilizando-se de textos curtos que apresentam as ideias-chave, e deixando o aluno explorar por si esses conceitos através dos componentes interativos da interface. Uma característica inovadora é que as interfaces do projeto Edukanet são capazes de processar matemática simbólica e não somente numérica. Na Figura 1.3, vemos um exemplo de interface produzida no contexto do projeto Edukanet, que trata de sistemas de equações lineares.

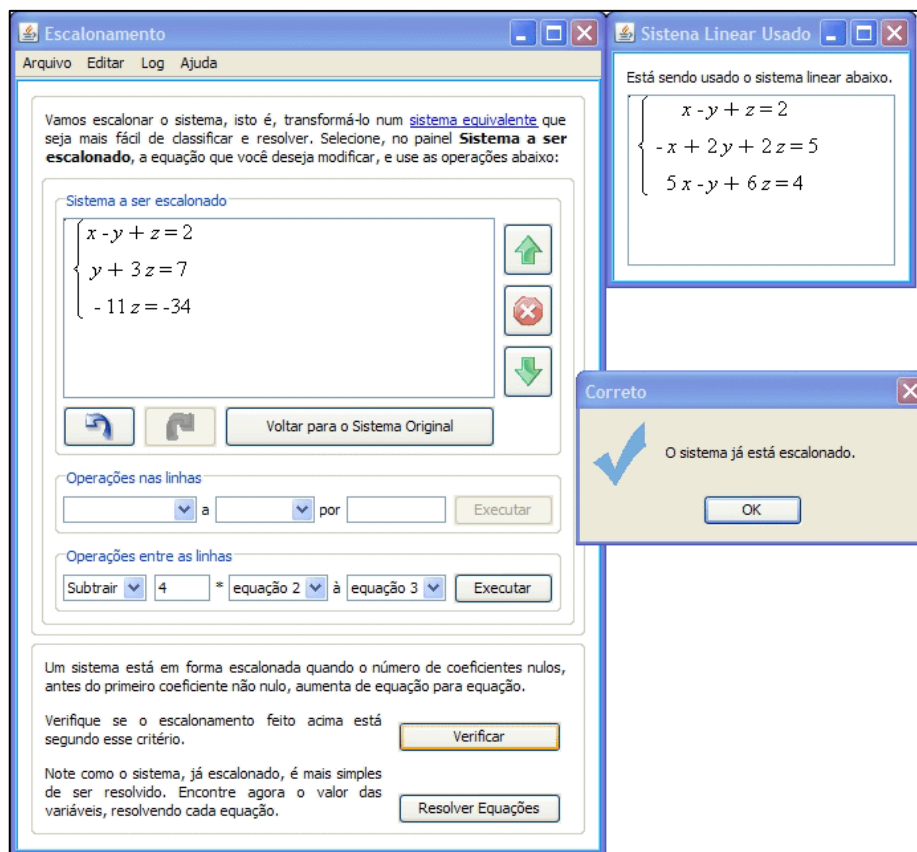


Figura 1.3: Interface de exploração do procedimento de escalonamento de um sistema de equações lineares, produzida no contexto do projeto Edukanet

Observamos que na interface mostrada na Figura 1.3 são utilizados os componentes interativos: botão de ação, caixa de combinações e campo de texto. Portanto, em ambos os exemplos de interfaces mostrados acima, aparecem os componentes interativos virtuais descritos na Seção 1.6, o que nos permite propor que tais componentes são fundamentais na construção de interfaces computacionais interativas voltadas para Educação em Física e Matemática.

1.9 Classificando os componentes interativos virtuais

Para fins descritivos em nossa pesquisa, organizamos os componentes interativos virtuais descritos na Seção 1.6, nas seguintes classes:

1. Componentes para ação e execução de tarefas.

2. Componentes para inserção de informação:
 - a. Componentes para seleção de informações pré-definidas.
 - b. Componentes para inserção livre de informações.

À classe 1 pertencem: botão de ação, caixa de verificação e barra de rolagem, enquanto que à classe 2 pertencem: botão de opção, caixa de combinações, controle deslizante e o campo de texto. À classe 2.a pertencem controle deslizante, botão de opção e caixa de combinações, enquanto que à classe 2.b pertence o campo de texto. Do ponto de vista educacional, os componentes das classes 2.a e 2.b têm papéis distintos: os da primeira orientam as escolhas do estudante, enquanto que os da segunda não oferecem qualquer orientação.

1.10 Objetivos do presente trabalho

Neste trabalho, investigamos o papel de componentes das classes 2.a e 2.b na *postura exploratória* do estudante e na *aprendizagem de conceitos matemáticos*. Da classe 2.a, selecionamos para esta pesquisa o componente caixa de combinações, e da classe 2.b o campo de texto. Estes componentes foram escolhidos por serem semelhantes em relação as suas representações gráficas², mas distintos em relação aos seus aspectos interativos – no campo de texto o usuário pode inserir qualquer caractere alfanumérico, enquanto que a caixa de combinações permite que o usuário selecione um item dentre uma lista pré-definida – e por serem comumente encontrados em diversas interfaces computacionais.

² Conforme podemos ver na Figura 1.1, a diferença visual entre os componentes caixa de combinações e campo de texto é um botão na extremidade direita da caixa de combinações que apresenta uma pequena seta voltada para o lado inferior deste componente. De fato, do ponto de vista informático, a caixa de combinações é um campo de texto modificado que não permite a edição direta, através do teclado, somente através de um menu suspenso que é mostrado quando se aciona o botão de ação integrante à caixa de combinações do qual deve ser selecionado um dos itens para este ser exibido na caixa de combinações.

Para investigar o papel dos componentes, desenvolvemos duas interfaces computacionais interativas (ICIs), idênticas entre si, a menos do componente interativo empregado: em uma delas foi utilizado a caixa de combinações, e em outra o campo de texto. Tanto a postura exploratória quanto o aprendizado foram avaliados a partir de medidas diretas registradas pelas ICIs em questão. A *postura exploratória* foi avaliada através do número de interações do estudante com o componente interativo, algo próximo ao proposto por MARTENS, GULIKERS, & BASTIAENS (2004) para avaliar o comportamento exploratório no contexto de um ambiente eletrônico de aprendizagem, como veremos adiante. Quanto à *aprendizagem*, propomos avaliá-la através da comparação dos resultados de testes de conhecimento aplicados antes e depois do uso dos componentes interativos pelos estudantes.

O trabalho está organizado da seguinte forma, no capítulo 2 apresentamos as metodologias adotadas na construção das interfaces e os procedimentos e execução da coleta de dados. No capítulo 3 apresentamos os dados coletados sobre a postura exploratória e a aprendizagem e nossas análises sobre eles. Por fim, expomos nossas considerações finais a respeito do trabalho no capítulo 4.

2. METODOLOGIA

2.1 Descrição da Ferramenta de Pesquisa

Para estudar a postura exploratória e correlacioná-la à aprendizagem, construímos quatro tipos de interfaces, que chamaremos de A, B, C e D. As interfaces A e B são idênticas entre si – a menos de um dos componentes interativos empregados – e registram algumas interações entre o estudante e essas (conforme será detalhado adiante), com a finalidade de investigar a postura exploratória. As interfaces C e D são idênticas entre si, a não ser pela ordem de exibição das questões utilizadas para avaliação da aprendizagem.

2.1.1 Descrevendo as interfaces A e B

2.1.1.1 Tema da Interface

Buscamos abordar, nestas interfaces, um tema que pudesse ser explorado por estudantes inseridos nos contextos das duas últimas séries do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, mas, principalmente, que permitisse uma abordagem simples e de fácil contextualização em diversas situações cotidianas dos estudantes. Assim, o tema escolhido foi a relação existente entre o *comportamento gráfico de funções de primeiro grau*, $y = ax + b$ com a *alteração nos parâmetros a e b* . A saber, se mantemos fixo o parâmetro b – o coeficiente linear da função de primeiro grau – e aumentamos ou diminuimos o parâmetro a , a reta do gráfico da função sofre rotação no sentido anti-horário ou horário, respectivamente, mantendo-se inalterado o ponto em que ela cruza o eixo y . Por sua vez, se mantemos fixo o parâmetro a – o coeficiente angular da função de primeiro grau – e aumentamos ou diminuimos o parâmetro b , a reta do gráfico da função sofre uma translação para cima ou para baixo, respectivamente, mantendo-se inalterada a sua inclinação.

2.1.1.2 Estrutura comum

Conforme já mencionado, as interfaces A e B são idênticas, a menos por um dos componentes interativos empregados nelas: a interface A (Figura 2.1), utiliza o componente

interativo caixa de combinações, enquanto a interface B utiliza o componente interativo campo de texto. Ambas as interfaces são divididas em duas áreas: a de *questões direcionadoras* e a da *ferramenta de exploração* (conforme figura abaixo). Nas seções seguintes, veremos as explicitações de cada uma destas áreas da interface.

Etapa 2: Use a Ferramenta a Direita dessa Janela para Encontrar a Resposta Correta

Questão para aprendizagem

1) Para que o gráfico da reta $y = ax + b$ apresente uma modificação do comportamento representada na animação abaixo:

é necessário que:

- O parâmetro a aumente sucessivamente.
- O parâmetro b diminua sucessivamente.
- O parâmetro a diminua sucessivamente.
- O parâmetro b aumente sucessivamente.

Resposta da questão

Eu acho que a resposta correta é a letra

porque, através da ferramenta de exploração, eu observei que:

Voltar para questão 1 Avançar para questão 2

Equação da reta: $y = ax + b$

Ferramenta para busca da resposta

$a =$ $b =$

$y = x$

Quero finalizar esta atividade e responder ao teste final

Figura 2.1: Interface A na qual foi inserido o componente caixa de combinações para a inserção dos valores dos parâmetros a e b da função de primeiro grau. Cada área desta interface possui a cor de fundo branca. O lado esquerdo da interface é a área das *questões direcionadoras*, o lado direito é a área da *ferramenta de exploração*. A parte inferior da interface é a área onde o estudante poderia finalizar a atividade após responder as quatro questões direcionadoras.

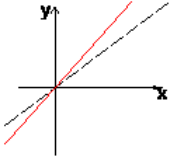
2.1.1.2.1 Área das Questões Direcionadoras

As questões direcionadoras (Figura 2.2) foram introduzidas com o intuito de estimular o estudante a fazer a associação entre alterações nos parâmetros da função com as alterações

de inclinação e interseção do gráfico da função com o eixo y , conforme mencionado na seção 2.1.1.1. Foram inseridas quatro questões direcionadoras cujos enunciados eram compostos por um texto explicativo e uma animação (conforme Tabela 2.1). As animações foram introduzidas para evitar a descrição escrita da alteração do gráfico, o que poderia dificultar a interpretação do estudante. Para responder a essas questões, o estudante deveria escolher uma das quatro alternativas que descrevem as possíveis alterações nos parâmetros e digitar uma justificativa para sua escolha. A obrigatoriedade de justificar a escolha da alternativa foi inserida a fim de reduzir a possibilidade de acerto ao acaso e estimular o uso da ferramenta de exploração na busca da resposta correta. O estudante pode avançar ou retroceder livremente entre as essas questões, podendo alterar as respostas já inseridas (tanto a alternativa selecionada como a justificativa digitada). Não foi utilizado nenhum *feedback* corretivo uma vez que o estudante poderia inferir a resposta correta a partir do uso da ferramenta de exploração.

Questão para aprendizagem

1) Para que o gráfico da reta $y = ax + b$ apresente uma modificação do comportamento representada na animação abaixo:



é necessário que:

- O parâmetro a aumente sucessivamente.
- O parâmetro b diminua sucessivamente.
- O parâmetro a diminua sucessivamente.
- O parâmetro b aumente sucessivamente.

Resposta da questão

Eu acho que a resposta correta é a letra

porque, através da ferramenta de exploração, eu observei que:

Voltar para questão 1 Avançar para questão 2

Figura 2.2: Exemplo de questão direcionadora. O gráfico desta questão ilustra a rotação do gráfico da função de primeiro em sentido anti-horário quando o parâmetro a desta é aumentado sucessivamente.

As questões direcionadoras diferiam entre si apenas em relação a animação que representava a alteração do comportamento da função. Dessa forma, o trecho textual de cada questão direcionadora foi: “Para que o gráfico da reta $y = ax + b$ apresente uma modificação do comportamento representada na animação abaixo: (...) é necessário que:”. Da mesma forma, as alternativas de resposta eram as mesmas para cada uma dessas questões, de acordo com a lista seguinte:

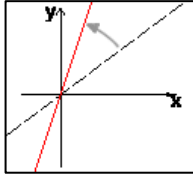
- O parâmetro a aumente sucessivamente
- O parâmetro b diminua sucessivamente.
- O parâmetro a diminua sucessivamente.
- O parâmetro b aumente sucessivamente.

Nesse contexto, a Tabela 2.1 mostra as representações estáticas das animações que foram inseridas em cada uma das questões e que representavam a alteração do comportamento gráfico relativo a alteração dos parâmetros da função.

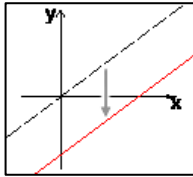
Tabela 2.1: Animações inseridas nas questões direcionadoras das interfaces A e B

Questão. Representação estática da animação

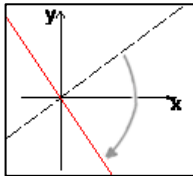
1)



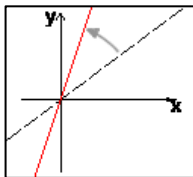
2)



3)



4)



2.1.1.2.2 Área da Ferramenta de Exploração

A ferramenta de exploração (vide Figura 2.3 e Figura 2.4) foi elaborada visando permitir ao estudante inserir os valores numéricos para os parâmetros a e b e visualizar o gráfico da função correspondente. A inserção dos valores é feita através de componentes interativos, os quais são diferentes em cada uma das interfaces A e B.

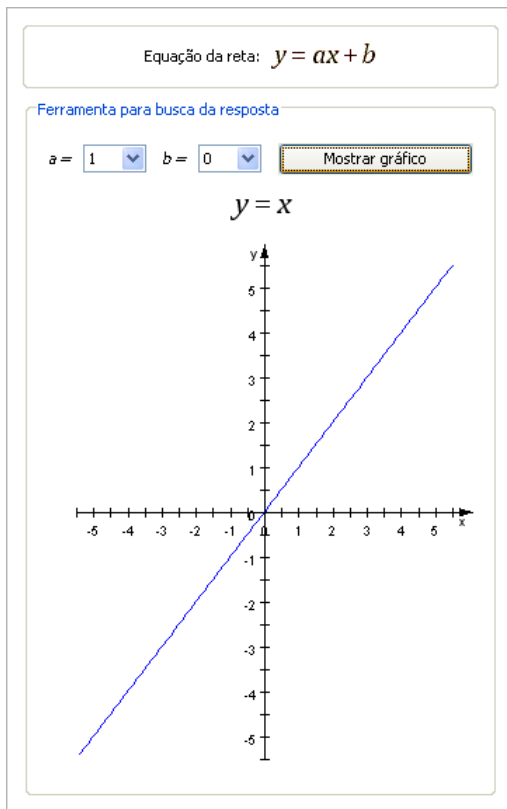


Figura 2.3: Ferramenta de exploração da interface A, a qual utiliza o componente caixa de combinações.

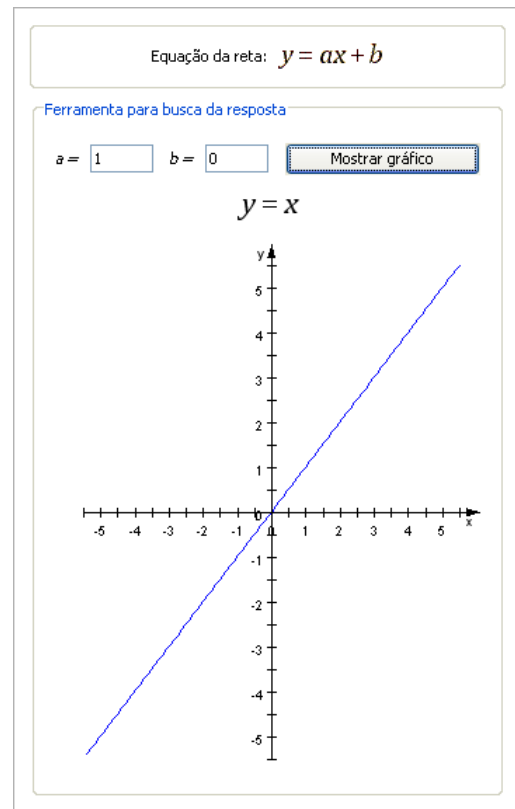


Figura 2.4: Ferramenta de exploração da interface B, a qual utiliza o componente campo de texto.

2.1.1.3 Os componentes interativos das interfaces A e B

Na Figura 2.3 e Figura 2.4, estão ilustradas as ferramentas de exploração das interfaces A e B, respectivamente. A única diferença entre estas interfaces reside nesta ferramenta: o componente com o qual o estudante interage. Na interface A, empregamos o componente interativo caixa de combinações, o qual permite que seja escolhido um valor dentre uma lista pré-definida, não permitindo a inserção de qualquer outro. Na interface B, por sua vez, empregamos o componente interativo campo de texto, o qual permite a digitação direta de qualquer caractere alfanumérico. Consideramos que os componentes conferem às interfaces A e B características distintas em relação ao aspecto pedagógico: direcionamento e não direcionamento, respectivamente, da exploração dos gráficos das funções.

2.1.1.4 Registro de informações

As interfaces A e B registram algumas informações a respeito das ações do estudante durante o uso delas. Este registro é uma das características singulares desta pesquisa que nos permitiu observar alguns comportamentos do estudante durante o processo de interação com as interfaces e não apenas antes e depois da interação.

As interfaces A e B monitoram as seguintes ações do estudante, sempre registrando o tempo decorrido entre estas:

- Escolha/alteração da alternativa de resposta das questões direcionadoras;
- Digitação/alteração da justificativa de resposta das questões direcionadoras;
- Avanço/Retorno nas questões direcionadoras:
 - Registro da alternativa de resposta e da justificativa, mesmo que ainda não tenham sido fornecidas, e a informação de correção da questão com base somente na alternativa escolhida;
- Escolha/alteração do valor do parâmetro a ;
- Escolha/alteração do valor do parâmetro b ;
- Solicitação de visualização do gráfico:
 - Registro dos parâmetros da função fornecidos.

Outras informações registradas são: a interface em uso (A ou B), nome do estudante e hora de início e de término da interação. No Anexo A vemos um exemplo ilustrativo da tabela gerada a partir do registro dessas informações.

O registro de informações é idêntico para as interfaces A e B. Do ponto de vista informático existe, de fato, somente uma interface que é modificada para exibir o componente

interativo caixa de combinações (interface A) ou campo de texto (interface B) de acordo com a escolha feita pelo pesquisador na inicialização do procedimento de coleta. Foram realizados diversos testes desse registro de informações sobre várias situações hipotéticas que poderiam ocorrer durante a interação com os estudantes para validar o funcionamento preciso desse mecanismo.

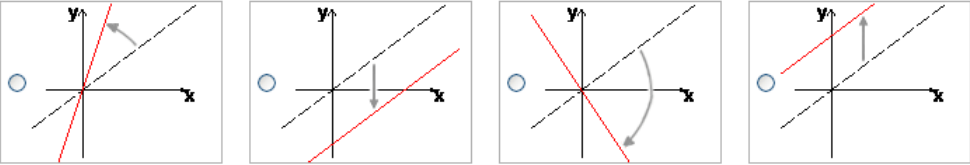
2.1.2 Descrevendo as interfaces C e D

As interfaces C e D foram elaboradas para registrar informações que permitam avaliar a aprendizagem decorrente da interação do estudante com as interfaces A ou B. Elas são testes de conhecimentos: a interface C foi elaborada para ser aplicada como pré-teste (anterior a interação do estudante com as interfaces A ou B) e a D como pós-teste. Ambas trazem o mesmo conjunto de quatro questões a respeito do comportamento gráfico de funções de primeiro grau, tendo com única diferença entre elas a ordem de exibição dessas questões (Figura 2.5).

Última Etapa: Teste de Conhecimento Final

1) Dada a equação da reta $y = ax + b$, representada graficamente pela linha vermelha nas animações abaixo, indique qual dessas animações melhor representa o comportamento do gráfico com a **diminuição** do valor de a .

Escolha uma alternativa de resposta abaixo. Deixe o ponteiro do mouse sobre cada figura para ver uma animação.



Não sei

Abaixo, justifique sua resposta. Lembre-se que a resposta só será considerada correta se a justificativa for válida.

1 / 4 Avançar >

Figura 2.5: Interface D de teste de conhecimento final, exibindo a primeira das quatro questões que o compõe. Os gráficos exibidos nesta interface são representações estáticas de animações que são iniciadas quando o dispositivo apontador³ está sobre cada um deles.

Cada questão destas interfaces é composta por um enunciado, que questiona o estudante sobre qual seria a relação do comportamento do gráfico com certa variação de um dos parâmetros a ou b . Para responder a essas questões, o estudante deve escolher uma das quatro animações que descrevem as variações no gráfico da função, e também digitar uma justificativa para sua escolha. Se fosse necessário, o estudante poderia escolher a alternativa “não sei” sem a necessidade de justificativa. Após a escolha da alternativa e a digitação da justificativa, o estudante pode avançar para a próxima questão. Como estas interfaces são testes de conhecimento, não foi utilizado nenhum *feedback* para indicar acertos ou erros nas questões. Na Tabela 2.2, Tabela 2.3 e Tabela 2.4 estão expostas, respectivamente, os enunciados das questões da interface C, os enunciados das questões da interface D e as alternativas de resposta de todas as questões de ambas as interfaces.

³ Em todas as coletas de dados desta pesquisa foi utilizado o mouse como dispositivo apontador, através do qual os estudantes manipulavam as interfaces.

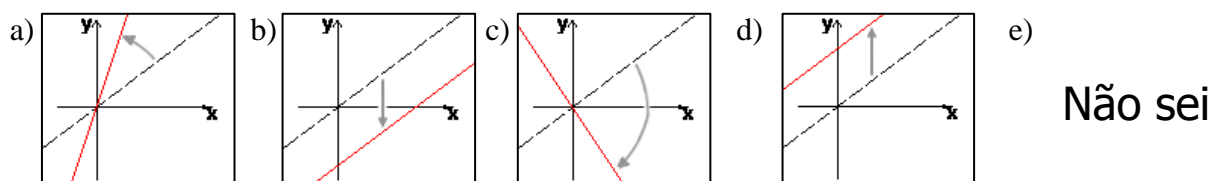
Tabela 2.2: Questões da interface C.

-
- 1) Dada a equação da reta $y = ax + b$, representada graficamente pela linha vermelha nas animações abaixo, indique qual dessas animações melhor representa o comportamento do gráfico com a **diminuição** do valor de b .
 - 2) Dada a equação da reta $y = ax + b$, representada graficamente pela linha vermelha nas animações abaixo, indique qual dessas animações melhor representa o comportamento do gráfico com o **aumento** do valor de a .
 - 3) Dada a equação da reta $y = ax + b$, representada graficamente pela linha vermelha nas animações abaixo, indique qual dessas animações melhor representa o comportamento do gráfico com a **diminuição** do valor de a .
 - 4) Dada a equação da reta $y = ax + b$, representada graficamente pela linha vermelha nas animações abaixo, indique qual dessas animações melhor representa o comportamento do gráfico com o **aumento** do valor de b .
-

Tabela 2.3: Questões da interface D.

-
- 1) Dada a equação da reta $y = ax + b$, representada graficamente pela linha vermelha nas animações abaixo, indique qual dessas animações melhor representa o comportamento do gráfico com a **diminuição** do valor de a .
 - 2) Dada a equação da reta $y = ax + b$, representada graficamente pela linha vermelha nas animações abaixo, indique qual dessas animações melhor representa o comportamento do gráfico com a **diminuição** do valor de b .
 - 3) Dada a equação da reta $y = ax + b$, representada graficamente pela linha vermelha nas animações abaixo, indique qual dessas animações melhor representa o comportamento do gráfico com o **aumento** do valor de b .
 - 4) Dada a equação da reta $y = ax + b$, representada graficamente pela linha vermelha nas animações abaixo, indique qual dessas animações melhor representa o comportamento do gráfico com o **aumento** do valor de a .
-

Tabela 2.4: Alternativas de resposta de todas as questões das interfaces C e D



2.1.2.1 Registro de Informações

A interface C foi apresentada ao estudante antes da interação dele com a interface A ou B, desse modo, a essa interface registrou informações referentes ao conhecimento prévio do estudante sobre o tema. Após a interação do estudante com as interfaces A ou B, foi apresentada a interface D, a fim de registrar informações referentes ao conhecimento do estudante após a interação dele com as interfaces de exploração (interfaces A ou B).

As interfaces C e D registraram a escolha da alternativa de resposta em cada questão e a justificativa referente a essa escolha (exceto se o estudante escolhesse a alternativa “não sei”, caso em que as interfaces apenas registraram a escolha da alternativa). Cada ação nessas interfaces (escolha da alternativa, digitação de justificativa, e avanço para a próxima questão), foi gravada juntamente com o tempo decorrido entre essas ações. No Anexo B vemos uma tabela gerada com dados hipotéticos do registro dessas interfaces.

Após a execução das interfaces C e D foi gerado um relatório de aprendizagem onde foram comparadas as informações registradas por cada uma destas interfaces. Este relatório trazia uma avaliação prévia do desempenho do estudante pela comparação dos erros/dúvidas e acertos entre os testes de conhecimento. Por exemplo: se o estudante, em uma questão, escolheu uma alternativa errada ou escolheu a alternativa “não sei” na interface C (pré-teste) e, posteriormente, escolheu a alternativa correta na mesma questão da interface D (pós-teste), o relatório de aprendizagem registrava essa ocorrência como *melhora* na referida questão. No Anexo C, vemos uma tabela gerada a partir da comparação de dados hipotéticos dos registros das interfaces C e D.

Tal qual ocorre com as interfaces A e B, as interfaces C e D também são, sob o ponto de vista da programação do *software*, a mesma estrutura, porém estas não exibem componentes distintos ao usuário, mas exibem as questões do teste de conhecimentos em

ordens distintas. Isto confere equidade nos registros de informações destas interfaces. Além disso, foram realizados diversos testes do registro de informações em várias situações que poderiam ocorrer durante o uso das interfaces a fim de garantir o funcionamento desse registro de informações.

2.2 Metodologia de análise dos dados

2.2.1 Postura exploratória

Para analisar a postura exploratória do estudante, utilizaremos as seguintes definições:

- *Episódio de interação* com a ferramenta de exploração;
- *Tipo de exploração*.

2.2.1.1 Episódio de interação

Definimos como um episódio de interação válido com a ferramenta de exploração, ou simplesmente *episódio de interação*, o conjunto mínimo de interações que são necessárias para se concretizar a exploração através da ferramenta, o que significa: ter os valores numéricos dos parâmetros a e b selecionados ou digitados, e ter a visualização bem sucedida do gráfico. Por outro lado, definimos como *episódio de interação inválido* quando o estudante não seleciona ou digita valores numéricos para os parâmetros e solicita a visualização do gráfico. Os episódios de interação inválidos podem nas seguintes situações para cada uma das interfaces:

- *Casos em que ocorrem episódios de interação inválidos na Interface A*: quando não são selecionados valores numéricos para os parâmetros da função (o primeiro item da lista de valores da caixa de combinações é um item vazio e selecionável) e é solicitada a visualização do gráfico;

- *Casos em que ocorrem episódios de interação inválidos na Interface B:* quando não é digitado valores numéricos inteiros ou fracionários para os parâmetros da função e é solicitada a visualização do gráfico.

Em ambos os casos, as interfaces informam ao estudante quando ocorre o episódio de interação inválido, chamando a atenção para qual o tipo de parâmetro aceitável pela ferramenta de interação.

2.2.1.2 Tipos de exploração

Existem, basicamente, dois tipos possíveis de relações entre dois episódios de interação subsequentes:

- *Exploração tipo 1:* quando é escolhido ou digitado um valor para cada parâmetro da função e é visualizado o gráfico; em seguida, mantendo-se fixo um dos parâmetros, altera-se o outro e visualiza-se o gráfico correspondente;
- *Exploração tipo 2:* quando é escolhido ou digitado um valor para cada parâmetro da função e é visualizado o gráfico; em seguida altera-se ambos os parâmetros e visualiza-se o gráfico correspondente;

No presente trabalho, propomo-nos a analisar a postura exploratória do estudante a partir desses episódios de interação e das relações entre episódios subsequentes.

2.2.2 Aprendizagem

A análise da aprendizagem foi feita a partir do desempenho do estudante avaliado através das informações coletadas pelas interfaces de testes de conhecimento C e D. Nelas o estudante respondeu um conjunto de quatro questões antes e depois da interação com a ferramenta de exploração.

Para analisar a aprendizagem, utilizaremos as seguintes definições:

- *Melhora no resultado*: quando ocorre um erro ou é escolhida a alternativa “não sei” em certa questão no pré-teste e ocorre um acerto na mesma questão no pós-teste.
- *Piora no resultado*: quando ocorre um acerto em certa questão no pré-teste e ocorre um erro ou é escolhida a alternativa “não sei” na mesma questão no pós-teste.
- *Manutenção no resultado*: quando não ocorre nem melhora e nem piora no resultado.

Definimos *melhora efetiva* nas questões dos testes de conhecimento como a diferença entre o número de questões onde houve melhora e o número de questões onde houve piora. Dentro das limitações das ferramentas de coleta de dados da presente pesquisa, a aprendizagem foi medida como a melhora efetiva, levando em conta todas as questões do pré e pós-teste.

2.3 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada na Escola Estadual Paes de Carvalho (PC) e na Escola Estadual Pedro Amazonas Pedroso (PAP), ambas localizadas em Belém/PA. Optamos por realizar a coleta nas escolas durante o horário usual de aulas (gentilmente cedidos pelas escolas), para manter a contextualização educativa da atividade.

Participaram da coleta, 36 estudantes do PC (13 alunos do 1º ano, 12 do 2º ano e 11 do 3º ano do Ensino Médio) e 59 estudantes do PAP (31 alunos do 1º ano do turno da manhã e 28 alunos da mesma série do turno da tarde), totalizando 95 participantes.

Como reforçamento ao empenho dos estudantes na atividade durante a coleta, informamos a eles que haveria uma premiação surpresa àquele que obtivesse maior número de acertos nas questões relacionadas.

Não foi estabelecido nenhum limite de tempo para o uso das interfaces, sendo informado aos estudantes que eles poderiam utilizá-las o quanto quisessem.

3. DADOS COLETADOS

As informações descritas neste capítulo são referentes a coleta de dados realizada nas escolas estaduais Pedro Amazonas Pedroso (PAP) e Paes de Carvalho (PC), da qual participaram 95 estudantes, sendo que 52 participantes interagiram com a interface A enquanto 43 interagiram com a interface B. Na Tabela 3.1, Tabela 3.2 e Tabela 3.3 vemos mais detalhes sobre a distribuição dos participantes:

Tabela 3.1 : Total de estudantes participantes da pesquisa agrupados por interface utilizada e escola.

	<i>PC</i>	<i>PAP</i>	<i>Total</i>
Interface A	18	34	52
Interface B	18	25	43
Total	36	59	95

Tabela 3.2 : Total de estudantes participantes da pesquisa agrupados por interface utilizada e série.

	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>	<i>Total</i>
Interface A	41	6	5	52
Interface B	31	6	6	43
Total	72	12	11	95

Tabela 3.3: Total de estudantes participantes da pesquisa agrupados por série e escola.

	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>	<i>Total</i>
PAP	59	0	0	59
PC	13	12	11	36
Total	72	12	11	95

3.1 Postura Exploratória

3.1.1 Ausência de Episódios de Interação Válidos

A Tabela 3.4, Tabela 3.5 e Tabela 3.6 mostra a porcentagem de estudantes que não completaram pelo menos um episódio de interação válido (conforme definido na seção 2.2.1.1) com a ferramenta de exploração:

Tabela 3.4: Número de estudantes que não completaram pelo menos um episódio de interação válido agrupados por interface utilizada.

	<i>Interface A</i>	<i>Interface B</i>
Total de estudantes	52	43
Total de estudantes sem episódios de interação	18	24
Porcentagem de estudantes sem episódios de interação	35%	56%

Tabela 3.5 : Número de estudantes por escola que não completaram pelo menos um episódio de interação válido.

	<i>Interface A</i>		<i>Interface B</i>	
	<i>PC</i>	<i>PAP</i>	<i>PC</i>	<i>PAP</i>
Total de estudantes	18	34	18	25
Total de estudantes sem episódios de interação	4	14	7	17
Porcentagem de estudantes sem episódios de interação	22%	41%	39%	68%

Tabela 3.6: Número de estudantes por série que não completaram pelo menos um episódio de interação válido.

	<i>Interface A</i>			<i>Interface B</i>		
	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>
Total de estudantes	41	6	5	31	6	6
Total de estudantes sem episódios de interação	15	1	2	18	3	3
Porcentagem de estudantes sem episódios de interação	37%	17%	40%	58%	50%	50%

Podemos notar que, em todos os agrupamentos de dados, os estudantes que interagiram com a interface B apresentam maior porcentagem de casos de não interação com a ferramenta.

3.1.2 Presença de Episódios de Interação Válidos

A seguir, mostramos os dados relativos aos episódios de interação válidos e inválidos e relativos à exploração tipo 1 e 2 (conforme definidos na seção 2.2.1.2), relacionados somente ao grupo de alunos que teve pelo menos uma interação válida. Posteriormente veremos os dados referentes ao tempo de interação.

3.1.2.1 Episódios de interação válidos

A Tabela 3.7, Tabela 3.8 e Tabela 3.9 mostram os valores médios, por estudante, do número total de episódios de interação válidos.

Tabela 3.7: Média, por estudante, do número de episódios de interação válidos.

	<i>Interface A</i>	<i>Interface B</i>
<i>Média</i>	28,06	23,84
<i>Desvio Padrão</i>	24,65	24,35

Tabela 3.8: Média, por estudante, do número de episódios de interação válidos, agrupados por escola.

	<i>Interface A</i>		<i>Interface B</i>	
	<i>PC</i>	<i>PAP</i>	<i>PC</i>	<i>PAP</i>
<i>Média</i>	29,29	27,20	31,00	14,00
<i>Desvio Padrão</i>	26,43	23,99	28,69	12,54

Tabela 3.9: Média, por estudante, do número de episódios de interação válidos, agrupados por série.

	<i>Interface A</i>			<i>Interface B</i>		
	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>
<i>Média</i>	26,04	27,40	46,67	14,31	55,33	33,67
<i>Desvio Padrão</i>	22,01	32,45	35,92	14,83	41,67	7,51

Podemos notar que, com exceção dos estudantes do 2º ano da escola PC, a média de episódios de interação válidos por aluno é maior na interface A.

3.1.2.2 Episódios de interação inválidos

A Tabela 3.10, Tabela 3.11 e Tabela 3.12 mostram os valores médios, por estudante, do total de episódios de interação inválidos.

Tabela 3.10: Média, por estudante, do número de episódios de interações inválidos.

	<i>Interface A</i>	<i>Interface B</i>
<i>Média</i>	1,03	3,11
<i>Desvio Padrão</i>	1,51	2,71

Tabela 3.11: Média, por estudante, do número de episódios de interação inválidos, agrupados por escola.

	<i>Interface A</i>		<i>Interface B</i>	
	<i>PC</i>	<i>PAP</i>	<i>PC</i>	<i>PAP</i>
<i>Média</i>	0,36	1,50	3,36	2,75
<i>Desvio Padrão</i>	0,50	1,79	2,50	3,11

Tabela 3.12: Média, por estudante, do número de episódios de interação inválidos, agrupados por série.

	<i>Interface A</i>			<i>Interface B</i>		
	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>
<i>Média</i>	1,27	0,20	0,33	2,62	5,33	3,00
<i>Desvio Padrão</i>	1,64	0,41	0,58	2,53	2,52	3,46

Percebemos que a média de episódios de interação inválidos por estudante é maior na interface B em cada agrupamento de dados.

3.1.2.3 Exploração Tipo 1

A Tabela 3.13, Tabela 3.14 e Tabela 3.15 mostram os valores médios, por estudante, do total de exploração tipo 1.

Tabela 3.13: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 1 (variação de um dos parâmetros da função, com o outro fixado).

	<i>Interface A</i>	<i>Interface B</i>
<i>Média</i>	22,21	19,95
<i>Desvio Padrão</i>	22,06	22,31

Tabela 3.14: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 1, agrupados por escola.

	<i>Interface A</i>		<i>Interface B</i>	
	<i>PC</i>	<i>PAP</i>	<i>PC</i>	<i>PAP</i>
<i>Média</i>	21,71	22,55	26,73	10,63
<i>Desvio Padrão</i>	22,56	22,29	26,29	11,02

Tabela 3.15: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 1, agrupados por série.

	<i>Interface A</i>			<i>Interface B</i>		
	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>
<i>Média</i>	21,23	16,20	40,67	10,08	51,67	31,00
<i>Desvio Padrão</i>	20,70	23,08	31,56	5,29	37,63	5,29

Podemos notar que, com exceção do 2º ano do PC, sempre a média de ocorrências de exploração do tipo 1 é maior na interface A.

3.1.2.4 Exploração Tipo 2

A Tabela 3.16, Tabela 3.17 e Tabela 3.18 mostram os valores médios, por estudante, do total de exploração tipo 2.

Tabela 3.16: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 2 (variação de ambos os parâmetros da função).

	<i>Interface A</i>	<i>Interface B</i>
<i>Média</i>	5,85	3,89
<i>Desvio Padrão</i>	6,94	4,61

Tabela 3.17: Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 2, agrupados por escola.

	<i>Interface A</i>		<i>Interface B</i>	
	<i>PC</i>	<i>PAP</i>	<i>PC</i>	<i>PAP</i>
<i>Média</i>	7,57	4,65	4,27	3,38
<i>Desvio Padrão</i>	9,24	4,64	5,80	2,45

Tabela 3.18 Média, por estudante, do número de ocorrências de exploração tipo 2, agrupados por série.

	<i>Interface A</i>			<i>Interface B</i>		
	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>
<i>Média</i>	4,81	11,20	6,00	4,23	3,67	2,67
<i>Desvio Padrão</i>	4,95	13,85	4,36	5,21	4,04	2,89

Podemos notar que a média de exploração tipo 2 por aluno é maior na interface A em todos os agrupamentos de dados. É importante ressaltar que o único grupo de 2º ano (8 alunos com interações válidas) que participou desta coleta de dados é da escola PC, portanto, todas as exceções vistas anteriormente são relativas somente às séries, e não às escolas.

3.1.2.5 Tempo de interação

Agora descrevemos na Tabela 3.19 os valores médios, por estudante, dos tempos totais de interação.

Tabela 3.19: Tempo médio de interação por estudante.

	<i>Geral</i>	<i>Interface A</i>	<i>Interface B</i>
Média	00:16:30	00:16:52	00:15:52
Desvio Padrão	00:07:44	00:08:46	00:05:37

Os tempos médios de interação foram praticamente os mesmos, independente dos tipos de interface.

3.2 Análise da Aprendizagem

De acordo com os objetivos deste trabalho, iremos analisar o papel de componentes interativo na aprendizagem. Assim, analisaremos separadamente, na Tabela 3.20, Tabela 3.21 e Tabela 3.22, os casos nos quais houve algum episódio de interação válida e nos quais não houve.

Tabela 3.20: Média, por estudante, da melhora efetiva no desempenho relacionada a existência de interações válidas.

<i>Existência de episódios de interação válidos</i>	<i>Interface A</i>	<i>Interface B</i>
Nenhum episódio	-0,44	-0,29
Pelo menos um episódio	0,32	1,32

Tabela 3.21: Média, por estudante, da melhora efetiva no desempenho relacionada a existência de interações válidas, agrupados por escola.

<i>Existência de episódios de interação válidos</i>	<i>Interface A</i>		<i>Interface B</i>	
	<i>PAP</i>	<i>PC</i>	<i>PAP</i>	<i>PC</i>
Nenhum episódio	-0,21	-1,25	-0,29	-0,29
Pelo menos um episódio	0,25	0,88	0,43	1,63

Tabela 3.22: Média, por estudante, da melhora efetiva no desempenho relacionada a existência de interações válidas, agrupados por série.

<i>Existência de episódios de interação válidos</i>	<i>Interface A</i>			<i>Interface B</i>		
	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>	<i>1º</i>	<i>2º</i>	<i>3º</i>
Nenhum episódio	-0,27	-2,00	-1,00	-0,11	-1,33	-0,33
Pelo menos um episódio	0,42	0,00	0,00	1,08	1,33	2,33

Vemos que, em todos os agrupamentos de dados, os estudantes que tiveram pelo menos um episódio de interação válido apresentaram melhora efetiva igual ou maior que zero, enquanto os demais estudantes sempre apresentaram melhora efetiva negativa, isto é, número de questões em que houve piora maior que número de questões em que houve melhora (ver seção 2.2.2).

3.3 Justificativas para as respostas

As justificativas coletadas nas interfaces C e D, relacionadas com a escolha das alternativas de resposta (as interfaces C e D requeriam que toda escolha fosse justificada), não nos pareceram claras o suficiente para demonstrar que o aluno tinha clareza dos motivos para suas escolhas das alternativas. Nenhuma das justificativas fornecidas na interface D (pós-teste) fez qualquer referência explícita às experiências exploratórias realizadas nas interfaces A ou B, o que pode indicar que tais experiências não foram significativas para a construção do conhecimento pelos estudantes.

4. CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS

Podemos sintetizar e analisar os dados coletados, expostos no Capítulo 3, da seguinte forma:

1. 35% dos estudantes que interagiram com a interface A não apresentaram qualquer episódio de interação válido, enquanto que, dentre os que interagiram com B, esta porcentagem foi de 56%. A “paralisia” do estudante diante da interface B foi maior em relação a interface A, o que foi observado em todos os agrupamentos dos dados (por escola e por série);
2. Dentre o grupo de estudantes que apresentou pelo menos um episódio de interação válida, o grupo que interagiu com a interface A apresentou uma média de 28,06 episódios de interação válidos, enquanto que o grupo que interagiu com B apresentou uma média de 23,84. Dessa forma, a postura exploratória foi quantitativamente maior no grupo de estudantes que interagiu com a interface A, o que foi observado em quase todos os agrupamentos de dados, exceto no grupo de 8 estudantes do 2º ano da escola Paes de Carvalho, que apresentou média de 27,40 episódios de interações válidos na interface A e média de 55,33 na interface B. Entretanto, o desvio padrão da média dos estudantes dessa série foi o mais alto dentre os demais, o que pode ser explicado pelo fato de que os três estudantes que interagiram com a interface B apresentaram números de episódios de interação significativamente maiores;
3. Dentre o grupo de estudantes que apresentou pelo menos um episódio de interação, o grupo que interagiu com a interface A apresentou uma média de 1,03 episódios de interação inválidos, enquanto que o grupo que interagiu com B apresentou uma média de 3,11. Esta predominância de episódios inválidos em B era um resultado esperado,

- uma vez que a interface B possibilita uma maior variedade nas possibilidades de episódios de interações inválidas;
4. No grupo de estudantes que apresentou pelo menos um episódio de interação válido, a média, por aluno, de exploração do tipo 1 foi de 22,21 para a interface A e 19,95 para a interface B, enquanto que a de tipo 2 foi de 5,85 para interface A e 3,89 para a interface B. A predominância de exploração do tipo 1 foi observada em todos os agrupamentos de dados. Isto evidencia que o processo de exploração predominante envolveu a fixação de um dos parâmetros enquanto fez-se a variação do outro, ou, em outras palavras, isolou-se a influência de um dos parâmetros, enquanto o outro foi investigado, como na perspectiva reducionista de análise de fenômenos, onde se busca isolar os componentes do sistema estudado;
 5. O tempo médio de interação dos estudantes que apresentaram pelo menos um episódio de interação válido, não apresentou diferenças significativas: sendo de 00:16:52 para grupo que interagiu com a interface A, e de 00:15:52 para o grupo que interagiu com a interface B;
 6. No grupo de estudantes que apresentou pelo menos um episódio de interação válido, a média da melhora efetiva de desempenho para a interface B foi de 1,32, enquanto que a média para a A foi de 0,32. Assim sendo, considerando a melhora efetiva como um indicativo da aprendizagem, o grupo de estudantes que interagiu de forma válida com a interface B apresentou indícios mais significativos de aprendizagem do que aquele que interagiu com A, resultado que também foi observado em todos os agrupamentos dos dados;
 7. No grupo de estudantes que não apresentou episódios de interação válidos, a média da melhora de desempenho efetiva no grupo foi negativa: -0,44 para os que interagiram

com a interface A e -0,29 para os que interagiram com a interface B. Este resultado reflete que a interação com a ferramenta exploratória, no seu ciclo completo de visualização do gráfico da função, foi fundamental para uma melhora efetiva nos resultados, o que também foi observado em todos os agrupamentos dos dados.

Entendemos que o grupo de estudantes que interagiu com a interface A apresentou uma postura exploratória quantitativamente maior devido ao *facilitador de interação* provido pelo direcionamento que esta interface proporcionava através das listas disponíveis na caixa de combinações. A ausência de direcionamento na interface B exigiu dos estudantes escolhas próprias desconectadas de qualquer sugestão a fim de possibilitar os episódios de interação válidos com a ferramenta de exploração. Se, por um lado, essa ausência do *facilitador de interação* parece ter “paralisado” um número maior de estudantes, por outro exigiu daqueles que se lançaram a explorar, maior autonomia de escolha. Esse maior grau de autonomia parece estar correlacionado com uma “melhor aprendizagem” dos estudantes que interagiram com essa interface. Disto podemos ainda considerar que, se por um lado a interação com a interface B proporcionou uma postura exploratória quantitativamente menor em comparação a interação com a interface A, por outro lado proporcionou uma postura exploratória qualitativamente melhor que resultou na “melhor aprendizagem” obtida. Futuras pesquisas poderão analisar a melhora de desempenho nos testes de conhecimento imediatamente após a interação com as interfaces, como feito aqui, e após um período de tempo maior, buscando analisar a manutenção desta aprendizagem.

Uma vez que os estudantes apresentaram visível dificuldade em justificar suas respostas, o que pode estar relacionado com dificuldade em formalizar conhecimentos recentes, a tomamos a decisão de considerar a escolha da alternativa de resposta como dado único na avaliação da melhora de desempenho. Uma perspectiva para futuros trabalhos inclui o registro de informações adicionais que melhorem a avaliação da aprendizagem.

5. REFERÊNCIAS

- ANTUNES, C. (2007). Desconectados. *Veja*, 8 de agosto, 102.
- BALABANIAN, N. (1974). *Enseñanza Programada en la Educación Activa*. México: Pax-México.
- CROWDER, N. A. (1962). Programmed Learning and Computer-Based Instruction - Proceeding of the Conference on Application of Digital Computers to Automated Instruction. (p. 58). John Wiley and Sons, Inc.
- Edukanet. (2008). Acesso em 20 de 11 de 2008, disponível em Edukanet: <http://www.edukanet.com.br/>
- LA TAILLE, Y. d. (1990). *Ensaio Sobre o Lugar do Computador na Educação*. São Paulo: Iglu.
- LOURENÇO FILHO. (1968). Origem, desenvolvimento e estado atual do Ensino Programado. In: S. h., *Ensino Programado*. Editora da Universidade de São Paulo.
- MARTENS, R. L., GULIKERS, J., & BASTIAENS, T. (2004). The impact of intrinsic motivation on e-learning. *Journal of Computer Assisted learning* (20), 368–376.
- MONTMOLLIN, M. (1965). *L'Enseignement Programmé* (3^a ed.). Paris: PUF.
- POCZTAR, J. (1972). *Teorias e Prática do Ensino Programado: Guia para os Professores*. Rio de Janeiro: FGV.
- PRESSEY, S. L. (1926). A simple device for teaching, testing and research in learning. *Sch. Soc* (23), 373-376.
- SKINNER, B. F. (1972). A Ciência da Aprendizagem e a Arte de Ensinar. In: B. F. SKINNER, *Tecnologia Do Ensino*. São Paulo: Herder.
- SKINNER, B. F. (1989). *Ciência e Comportamento Humano* (7 ed.). São Paulo: Martins Fontes.
- SKINNER, B. F. (1975). *Tecnologia do Ensino*. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo.
- VALENTE, J. A. (1999). Informática na educação no Brasil: análise e contextualização histórica. In: J. A. VALENTE, *O computador na sociedade do conhecimento*. Campinas, SP: UNICAMP/NIED.
- WIEMAN, C. E. (2008). *PhET Interactive Simulations*. Acesso em 20 de 11 de 2008, disponível em PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations:: <http://phet.colorado.edu/index.php>
- WIEMAN, C. E., & PERKINS, K. K. (2006). A Powerful Tool for Teaching Science. *Nature Physics*, 2, 290.

WIEMAN, C. E., & PERKINS, K. K. (2006). A Powerful Tool for Teaching Science. *Nature Physics* , 2, 290.

ANEXO B – MODELO DE ARQUIVO DE MONITORAMENTO DAS INTERFACES C E D DE TESTE DE CONHECIMENTO

ICI: pré-teste ou pós-teste					
Participante: Nome do Estudante					
Início da interação: 15:34:19 25/11/2008					
Questões	Alternativa escolhida	Comentário	Tempo de escolha (ms)	Alternativa correta	Acerto
1	a	Justificativa da primeira questão.	20672	b	não
2	e		6000	a	dúvida
3	b	Justificativa da terceira questão.	30594	c	não
4	c	Justificativa da quarta questão.	12906	d	não
Interação finalizada às: 15:35:29					

ANEXO C - MODELO DE ARQUIVO DE RELATÓRIO DE APRENDIZAGEM APÓS O USO DAS INTERFACES C E D

ICI: TipoA ou TipoB											
Participante: Nome do Estudante											
Pré-teste					Pós-teste						
Questão	Alternativa escolhida	Comentário	Alternativa correta	Acerto	Questão	Alternativa escolhida	Comentário	Alternativa correta	Acerto		Houve melhora
1	a	Justificativa da primeira questão.	b	não	2	b	Justificativa da segunda questão	b	sim		sim
2	e		a	dúvida	4	a	Justificativa da última questão.	a	sim		sim
3	b	Justificativa da terceira questão.	c	não	1	e		c	dúvida		não
4	c	Justificativa da quarta questão.	d	não	3	a	justificativa da terceira questão.	d	não		não