Pós-Graduação em Ciência da Computação

"Design da interação de interfaces educativas para o ensino de matemática para crianças e jovens surdos"

Por

Maici Duarte Leite

Dissertação de Mestrado

Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
www.cin.ufpe.br/~posgraduacao

RECIFE, AGOSTO/2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE INFORMÁTICA

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Maici Duarte Leite

"Design da interação de interfaces educativas para o ensino de matemática para crianças e jovens surdos"

ESTE TRABALHO FOI APRESENTADO À PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO DO CENTRO DE INFORMÁTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.

ORIENTADOR: PROFº DRº ALEX SANDRO GOMES

CO-ORIENTADOR: PROFª DRª RUTE BORBA

RECIFE, AGOSTO/2007

Leite, Maici Duarte
Design da Interação de Interfaces Educativas para o ensino de matemática para crianças e Jovens Surdos. / Maici Duarte Leite – Recife: O autor, 2007.
148 folhas : il., quadros., fig., tab.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CIN. Ciência da Computação, 2007.

Inclui bibliografia.

I.Tecnologia Educacional. 2. Design da Interação. 3. Interfaces Educativas. 4. Acessibilidade. 5. Estruturas Aditivas. I. Título.

371.33 CDD (22.ed.) MEI2007-070

À família gaúcha e pernambucana.

Agradecimentos

A Deus por ter permitido toda essa odisséia nesta vida e que permeia meu cotidiano conforme tenho me permitido vivenciar.

A meu marido, Luiz Albérico Barbosa Falcão, que me fez acreditar sob a névoa do amor que este sonho era possível, quando eu ainda morava num cantinho bem ao sul do país, e me acompanhou firmemente em toda esta trajetória sem me deixar desanimar.

Aos meus filhos, Lulinha e Belinha, que tornaram a pesquisa menos solitária e por seus brilhantes estímulos. Meu primogênito, Lulinha, que me incentivou a permanecer quando eu acreditava não ser mais possível continuar e a princesa Belinha por me mostrar a necessidade de encerrar quando o que eu mais queria era continuar.

À família materna gaúcha que me permitiu ousar e formou minha personalidade para ser mais humana e sensível, embora em muitos momentos essa sensibilidade tenha deixado marcas profundas.

À família pernambucana que na figura de meus sogros me passam todos os dias grandes lições, através de exemplos de vida e determinação, que acompanharam minha família para todo o sempre.

Ao CIN que após muitas idas e vindas já deixa saudades.

À minha querida co-orientadora exemplo de humildade e amor, presença e sensibilidade humana acima do academicismo competitivo, que se engajou nesta tarefa há não muito tempo, mas suas lições de educadora, profissional e mulher me acompanharão por toda vida.

Ao meu orientador pelo acolhimento, por suas orientações e ensinamentos, que enriqueceram minha caminhada e moldaram minha trajetória, enquanto pesquisadora.

A todos que de alguma forma contribuíram com minhas dúvidas e ansiedades. Alguns me fortaleceram quando deixavam claro que suas obrigações impossibilitavam de me escutar e outros que me sensibilizaram quando puderam pelo menos me escutar.

Recife, agosto de 2007.

Maici Duarte Leite

Resumo

As dificuldades encontradas para aquisição de conhecimentos matemáticos no Ensino Fundamental têm acompanhado várias reformas educacionais e podem ser verificadas nos exames nacionais Saeb e Prova Brasil. No caso do estudante surdo, esse quadro acentua-se, devido a uma associação de fatores de ordem lingüística e experiencial, intrínsecos à língua gestual/visual. Estudos recentes comprovam um atraso no desenvolvimento cognitivo do surdo em relação às competências matemáticas, embora esses não apresentem dificuldades nos primeiros anos escolares com a representação do conceito de número.

Diante desta realidade, apresentamos o *design* de uma interface que explora uma diversidade de situações-problema para enriquecer experiências cognitivas do surdo no campo das estruturas aditivas. Para atingir este objetivo usamos uma metodologia de *design* centrado no usuário, que implica em incorporar a perspectiva e considerar necessidades dos usuários no processo de desenvolvimento. A organização da coleta de dados iniciou com a análise dos competidores, seguida da análise do uso de *softwares* concorrentes para encontrar requisitos do *design* da interface e didáticos matemáticos, resultando na proposição de um protótipo de baixa fidelidade que passou pela avaliação de especialistas e usuários finais. Esse protótipo procurou explorar requisitos do *design* da interface no campo aditivo, respeitando especificidades e limitações de um usuário surdo, num contexto inclusivo.

Os resultados encontrados mostram que o uso da LIBRAS e da Língua Portuguesa na forma escrita, ícones representativos em LIBRAS, formas de ajuda e mensagem de *feedback* relacionadas com a situação-problema, variadas formas de representação do campo aditivo, uso de recursos explorando a apresentação temporal e disponibilidade de formas de ajuda alternativas contribuem para a interação e aquisição de conhecimentos do usuário surdo. Esses resultados também podem ser incorporados a *design* de interfaces voltadas somente para usuários ouvintes, permitindo atender às necessidades de ambos os perfis quanto ao uso desse tipo de *software* educativo.

Palavras-chave: Design da interação, Interfaces educativas, Acessibilidade, Estruturas aditivas.

Abstract

Primary and secondary school students' difficulties in developing mathematical knowledge has been present in many curriculum reforms and are observed in national exams, such as Saeb and Prova Brasil. In the case of deaf students, this reality is even more marked, because of the association of linguistic and experiential factors, present in the gestured/visual language. Recent studies evidence a delay in deaf cognitive development in relation to mathematical competence, although the deaf child does not show difficulties in the first school years with the representation of number concept.

In face of this reality, the design of an interface is presented, exploring the diversity of problem-situations that may enrich cognitive experiences of the deaf in the field of additive structures. In order to reach this aim, a design methodology centred on the user was used, that implies in incorporating the perspective and considering the needs of the users in their process of development. Data collection was initiated by analysing competitors, followed by an analysis of the usage of competing software, in order to search for interface and didactical design requirements, resulting in the proposition of a low fidelity prototype that went through the assessment of specialists and final users. This prototype explored interface design requirements in the additive field, considering specificities and limitations of deaf users, in an inclusive context.

The results obtained show that the use of LIBRAS and Portuguese in a written form, representative icons in LIBRAS, help and feedback messages related to the problem situation, a variety of representations of the additive field, the use of resources that explored temporal presentation and the disposition of alternative forms of help aid the interaction and knowledge acquisition of the deaf user. These results may also be incorporated to interface design for hearing users, attending the needs of both profiles in relation to the usage of this kind of educational software.

Keywords: Interface design, Educational interfaces, Accessibility, Additive Structures.

Sumário

Introdução..... 13

2 A educação de surdos e a tecnologia educacional..... 16
2.1 Comunicação, Filosofias Educacionais e LIBRAS 17
2.1.1 Filosofias Educacionais do Surdo 17
2.1.1.1 Oralismo 18
2.1.1.2 Comunicação Total..... 18
2.1.1.3 Bilingüismo 19
2.1.2 Língua Brasileira de Sinais - LIBRAS 19
2.2 Ferramentas educacionais com foco em usuário surdo 20
2.2.1 VIAS - *Knowledge Access* (VIAS-KA) 21
2.2.2 FALIBRAS..... 21
2.2.3 Visual – GD..... 22
2.2.4 TLIBRAS 22
2.2.5 BILINGUE 23
2.2.6 Contextualização 23
2.3 Especificidades para aquisição de conhecimentos por surdos..... 24
2.3.1 Dificuldades de aquisição dos conhecimentos matemáticos por surdos 26
2.3.2 Influência de experiências anteriores ao período escolar 27
2.3.3 Metodologias e ações didáticas escolares..... 29

3 Campo conceitual das estruturas aditivas..... 33
3.1 Categorização das estruturas aditivas..... 35
3.1.1 Categoria combinação 36
3.1.2 Categoria comparação 37
3.1.3 Categoria mudança 37
3.1.4 Categoria igualização 38

4 Metodologia de *design* centrado no usuário..... 39
4.1 Análise dos Competidores..... 40
4.1.1 Seleção dos *software* concorrentes..... 41
4.1.2 Aspectos considerados na análise dos *software* concorrentes..... 41
4.1.3 Descrição e análise dos concorrentes selecionados..... 45
4.1.3.1 Concorrente selecionado: Lousa..... 45
4.1.3.2 Concorrente selecionado: 2 + 2 - Math for Kids 46
4.1.3.3 Concorrente selecionado: Arthur..... 47
4.1.3.4 Concorrente selecionado: Coelho Sabido na Terra do Queijo 49
4.1.3.5 Concorrente selecionado: Passeio no Parque 50
4.1.3.6 Comentários gerais da análise quantitativa dos *software* concorrentes..... 52
4.1.3.7 Comentários gerais da análise qualitativa dos *software* concorrentes..... 55
4.1.4 Contextualização da análise dos concorrentes..... 58
4.2 Observação de uso dos *software* concorrentes 59
4.2.1 Participantes 59

4.2.2 Tarefas 60
4.2.3 Materiais 61
4.2.4 Procedimentos 61
4.2.5 Forma de análise dos dados coletados 62
4.2.6 Tratamento dos dados coletados 63
4.3 Requisitos gerados a partir da análise dos competidores e da observação de uso dos *software* concorrentes 64
4.3.1 Requisitos específicos para usuários surdos 64
4.3.2 Requisitos gerais adequados a qualquer *software* educativo 66
4.3.3 Requisitos específicos para explorar o campo aditivo 68
4.4 Prototipagem de *software* 70
4.4.1 Prototipação em Papel 71
4.4.2 *Design* da interface proposta 73
4.5 Descrição da interface do protótipo de baixa fidelidade 74
4.6 Descrição da interface do Nível 3 do protótipo 76
4.7 Teste de usabilidade com o protótipo de baixa fidelidade 82
4.7.1 Seleção das tarefas 83
4.7.2 *Debriefing* 85
4.7.3 Teste de usabilidade: piloto 85
4.7.3.1 Participantes 85
4.7.3.2 Tarefas 86
4.7.3.3 Materiais 88
4.7.3.4 Procedimentos 88
4.7.3.5 Forma de análise dos dados coletados 89
4.7.4 *Re-design* e teste de usabilidade da versão preliminar do protótipo de baixa fidelidade 89
4.7.4.1 Participantes 90
4.7.4.2 Tarefas 91
4.7.4.3 Materiais 91
4.7.4.4 Procedimentos 91
4.7.4.5 Forma de análise dos dados 92

5 Resultados 93
5.1 Teste de usabilidade do protótipo de baixa fidelidade 93
5.1.1 Teste piloto de usabilidade do protótipo de baixa fidelidade 94
5.1.1.1 Apresentação das tarefas em LIBRAS na forma escrita 94
5.1.1.2 Ajuda disponibilizada com metáfora de tempo 95
5.1.1.3 Uso prévio do protótipo 97
5.1.1.4 *Feedback* para o usuário 97
5.1.1.5 Discussão dos resultados do teste piloto 97
5.1.2 Teste usabilidade da versão preliminar do protótipo 98
5.1.2.1 Análise dos invariantes mobilizados pelos usuários na resolução das situações-problema 98
5.1.2.2 Análise das formas de apresentação da escrita das tarefas 103
5.1.2.3 Análise das formas de ajuda disponibilizadas e mobilizadas para resolução das situações problemas 105
5.1.2.3.1 Ajuda representativa de material concreto (objetos) 105
5.1.2.3.2 Ajuda representativa do algoritmo (conta) 105
5.1.2.3.3 Ajuda representativa de diagramas (desenhos) 106
5.1.2.4 *Feedback* para o usuário 108

5.1.2.5 Discussão dos resultados do teste de usabilidade da versão preliminar 112
5.1.3 Apresentação da versão final do protótipo 115

6 Conclusão 116
6.1 Contribuições 118
6.2 Dificuldades encontradas e mecanismos de superação 120
6.3 Trabalhos futuros 121

Referências..... 123

Anexo I – Tabela de Avaliação de Competidores 129
Anexo II – Script de apresentação do teste de uso dos competidores 130
Anexo III – Formulário de consentimento 131
Anexo IV - Questionário para identificação do perfil da dupla de participantes 131
Anexo IV - Questionário para identificação do perfil da dupla de participantes 132
Anexo V – Formulário de observação 133
Anexo VI – Telas e partes móveis do protótipo usadas no teste piloto 134
Anexo VII - Script de apresentação do teste piloto e de usabilidade 135
Anexo VIII - Script de orientação do teste piloto 136
Anexo IX – Formulário de consentimento do teste piloto e do teste de usabilidade ... 137
Anexo IX – Formulário de consentimento do teste piloto e do teste de usabilidade ... 138
Anexo X – Teste de verificação de interpretação e compreensão da Língua Portuguesa escrita 138
Anexo X – Teste de verificação de interpretação e compreensão da Língua Portuguesa escrita 139
Anexo XI - Script de orientação do teste de usabilidade 140
Anexo XII – Telas e partes móveis do protótipo do teste de usabilidade 142
Anexo XIII – Apresentação das tarefas do teste de usabilidade final 144
Anexo XIV – Ordem da apresentação e tradução das tarefas 145
Anexo XV – Teste de Aceitação do teste usabilidade 147
Anexo XVI – Tarefas do teste de usabilidade 148

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Tela do Vias-Ka 21
Figura 2.2 – Tela do Falibras-MT.....21
Figura 2.3 – Tela do Visual GD.....22
Figura 2.4 – Proposta do TLIBRAS.....22
Figura 2.5 – Tela inicial do BILINGUE..... 23
Figura 2.6 – Proposta de aula do BILINGUE.....23
Figura 4.1 – Fluxo das técnicas usadas na metodologia.....40
Figura 4.2 – Tela Principal do Lousa.....46
Figura 4.3 – Tela do Relatório do Lousa.....46
Figura 4.4 – Tela principal do 2+2 Math for Kids.....47
Figura 4.5 – Tela de atividade do 2+2 Math for Kids.....47
Figura 4.6 – Tela de identificação do Arthur.....48
Figura 4.7 – Tela de atividades do Arthur.....48
Figura 4.8 – Tela principal das Contas de D.W. 48
Figura 4.9 – Tela de relatório do usuário.....49
Figura 4.10 – Tela de relatório do professor.....49
Figura 4.11 – Tela principal do Coelho Sabido.....50
Figura 4.12 – Tela principal do Passeio no Parque.....51
Figura 4.13 – Tela de configuração de atividades.....51
Figura 4.14 – Tela de relatório do professor 51
Figura 4.15 – Gráfico comparativo da avaliação de aprendizagem dos concorrentes ...53
Figura 4.16 – Gráfico comparativo da amenidade de uso entre os concorrentes 53
Figura 4.17 – Gráfico comparativo da interação entre os concorrentes 53
Figura 4.18 – Gráfico comparativo da adaptabilidade entre os concorrentes 54
Figura 4.19 – Gráfico comparativo da clareza entre os concorrentes 54
Figura 4.20 – Gráfico comparativo dos recursos motivacionais dos concorrentes.....54
Figura 4.21 – Gráfico comparativo dos conteúdos dos concorrentes.....55
Figura 4.22 – Gráfico comparativo da gestão de erros entre os concorrentes.....55
Figura 4.23 – Disposição dos participantes da observação de uso.....62
Figura 4.24 – Tela do esboço inicial do protótipo de baixa fidelidade.....72
Figura 4.25 – Tela do Nível 3 da segunda fase do protótipo.....73
Figura 4.26 – Tela do principal do protótipo.....74
Figura 4.27 – Tela de identificação do protótipo.....75
Figura 4.28 – Tela do Nível 1 do protótipo.....75
Figura 4.29 – Tela do Nível 2 do protótipo.....75
Figura 4.30 – Tela do Nível 3 do protótipo.....76
Figura 4.31 – Tela do Nível 4 do protótipo.....76
Figura 4.32 – Tela do Nível 3.....77
Figura 4.33 – Ajuda Objetos.....78
Figura 4.34 – Ajuda Conta.....78
Figura 4.35 – Ajuda Desenho: categoria combinação.....79
Figura 4.36 – Ajuda Desenho: categoria comparação.....79
Figura 4.37 – Ajuda Desenho: categoria mudança.....79
Figura 4.38 – Ajuda Desenho: categoria igualização.....80
Figura 4.39 – Relatório do modo professor.....82
Figura 4.40 – Relatório do modo usuário.....82
Figura 4.41 – Disposição dos participantes.....88
Figura 5.1 – Categorias de análise.....93
Figura 5.2 – Tela do Nível 3 da versão final.....115

Lista de Quadros

Quadro 4.1 – Tabela da análise quantitativa dos *software* concorrentes..... 52
Quadro 4.2 – Características do perfil dos participantes envolvidos..... 59
Quadro 5.2 – Comparação entre os *software* concorrentes..... 60
Quadro 4.3 – Funcionalidades do protótipo de baixa fidelidade..... 77
Quadro 4.4 – Classificação apresentada por Borba e Santos (1997) – Nível 3..... 84
Quadro 4.5 – Classificação apresentada por Borba e Santos (1997) – Nível 4..... 84
Quadro 4.6 – Problema 1..... 86
Quadro 4.7 – Invariante chave do problema 1..... 86
Quadro 4.8 – Problema 2..... 86
Quadro 4.9 – Invariante chave do problema 2..... 86
Quadro 4.10 – Problema 3..... 87
Quadro 4.11 – Invariante chave do problema 3..... 87
Quadro 4.12 – Problema 4..... 87
Quadro 4.13 – Invariante chave do problema 4..... 87
Quadro 4.14 – Características do perfil dos participantes do experimento..... 90
Quadro 5.1 – Sinais usados nos protocolos de transcrição dos dados..... 93
Quadro 5.2 – Fragmento 1 do teste de usabilidade: piloto..... 94
Quadro 5.3 – Fragmento 2 do teste de usabilidade: piloto..... 95
Quadro 5.4 – Fragmento 3 do teste de usabilidade: piloto..... 95
Quadro 5.5 – Fragmento 4 do teste de usabilidade: piloto..... 96
Quadro 5.6 – Fragmento 5 do teste de usabilidade: piloto..... 97
Quadro 5.7 – Fragmento 6 do teste de usabilidade..... 98
Quadro 5.8 – Fragmento 7 do teste de usabilidade..... 99
Quadro 5.9 – Fragmento 8 do teste de usabilidade..... 99
Quadro 5.10 – Fragmento 9 do teste de usabilidade..... 100
Quadro 5.11 – Fragmento 10 do teste de usabilidade..... 101
Quadro 5.12 – Fragmento 11 do teste de usabilidade..... 101
Quadro 5.13 – Fragmento 12 do teste de usabilidade..... 102
Quadro 5.14 – Fragmento 13 do teste de usabilidade..... 102
Quadro 5.15 – Fragmento 14 do teste de usabilidade..... 103
Quadro 5.16 – Fragmento 15 do teste de usabilidade..... 104
Quadro 5.17 – Fragmento 16 do teste de usabilidade..... 104
Quadro 5.18 – Fragmento 17 do teste de usabilidade..... 106
Quadro 5.19 – Fragmento 18 do teste de usabilidade..... 106
Quadro 5.20 – Fragmento 19 do teste de usabilidade..... 107
Quadro 5.21 – Mensagens de feedback usadas..... 108
Quadro 5.22 – Fragmento 20 do teste de usabilidade..... 109
Quadro 5.23 – Fragmento 21 do teste de usabilidade..... 110
Quadro 5.24 – Fragmento 22 do teste de usabilidade..... 110
Quadro 5.25 – Fragmento 23 do teste de usabilidade..... 111
Quadro 5.26 – Mensagens de feedback sugeridas..... 114

Introdução

A necessidade de se oferecer um ensino de qualidade para todos tem sido foco de discussão por algum tempo. O ensino e a aprendizagem em diferentes níveis e modalidades de ensino, para diferentes grupos – de acordo com suas especificidades – têm sido abordados em investigações e em políticas educacionais. A discussão de como particularidades de alguns grupos podem ser trabalhadas em conjunto com outros grupos também tem sido outro foco de amplo debate em meios educacionais.

Nesse sentido, a Lei de Diretrizes e Bases (Lei 9.394 de 1996) deixou clara a inclusão dos portadores de necessidades especiais nas salas de aula regulares, através do capítulo V, artigo 58, onde se determina que:

> *Entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar, oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos portadores de necessidades especiais.* (BRASIL, 1996)

A inclusão de pessoas com deficiência física, sensorial e mesmo alguns casos de deficiência cerebral leve gerou uma nova demanda de ensino e socialização de saberes, tentando respeitar em cada aluno sua forma de aquisição de conhecimentos.

Do antigo modelo de "escolas especiais" surgiu a necessidade de construir, num mesmo espaço escolar, práticas pedagógicas que atendessem a todos os alunos com diversas especificidades num mesmo contexto inclusivo, quer em salas especiais, quer nas salas de ensino regular.

De modo particular, a inclusão de crianças surdas em um mesmo contexto escolar leva à necessidade de uma maior reflexão sobre semelhanças e diferenças de processos de aquisição de conhecimento dessas crianças quando comparados ao desenvolvimento de conceitos por parte de crianças ouvintes.

Falcão L. (2007) defende que a escola de qualidade e a escolarização de que os surdos necessitam requerem cada vez mais a atenção de educadores e pesquisadores, pois, na última década, a sociedade assumiu que a surdez não é deficiência nem doença, é apenas uma forma diferente de se comunicar. Assim, didaticamente falando, necessita-se de uma *pedagogia diferenciada*, surge, então, um novo paradigma educacional, que deverá se adequar a propostas educacionais envolvendo surdos e ouvintes, num mesmo espaço escolar.

A investigação educacional referente à aprendizagem e ensino de surdos deve, também, considerar as especificidades de cada área de estudo – como a linguagem, a matemática, os estudos sociais e as ciências naturais. Há, portanto, particularidades de cada área de estudo que se diferenciam das outras áreas, bem como há características próprias do aprendizado de surdos que diferem da construção de conhecimento por parte de ouvintes.

Uma das contribuições desta dissertação é aumentar o número de estudos em educação matemática para surdos. Nesta área, relativamente poucos estudos têm sido desenvolvidos. Diversos estudos na área da educação matemática são voltados para a

investigação dos conhecimentos de crianças ouvintes e muito poucos têm sondado como a criança surda aprende matemática e como pode ser auxiliada em suas dificuldades específicas.

Com um estudo exploratório, foram eleitos problemas aditivos (de adição e de subtração) com foco de investigação, considerando-se ser este conteúdo abordado basicamente em todos os níveis de escolaridade, sendo, portanto, fundamental para o desenvolvimento matemático de alunos – ouvintes e surdos.

A competência para resolver problemas aditivos é desenvolvida num longo período de tempo, o que implica dizer que os problemas de adição e subtração devem ser trabalhados durante todo o ensino fundamental (Magina, Campos, Nunes e Gitirana, 2001). Torna-se, assim, relevante o uso de diferentes problemas através de variadas atividades que proporcionem a análise, a discussão e a compreensão das estruturas dos problemas, dos algoritmos e do sistema de numeração (Borba e Santos, 1997).

O ensino de estruturas aditivas pode ser feito por meio de diferentes representações simbólicas e com o uso de variados recursos didáticos – tais como materiais concretos, estruturados ou não, ferramentas tecnológicas, dentre outros.

É cada vez mais emergente o uso de tecnologia no contexto educacional. Não raras são as ferramentas que estimulam o uso de recursos tecnológicos – como a calculadora e o computador – como forma de mediar a aprendizagem. Embora o contexto inclusivo tenha sido pouco focado, por esta forma interativa de mediar a aprendizagem, a demanda existe por parte dos usuários.

Mesmo que se reconheça a necessidade do uso de recursos tecnológicos – tais como *software* de áreas específicas – os produtos existentes no mercado não esgotam as necessidades do usuário, porque, para assegurar e viabilizar a melhoria do ensino, é preciso que a qualidade seja observada (Atayde, 2003).

Os laboratórios informatizados que se encontram integrados ao contexto escolar têm como proposta viabilizar formas interativas e atrativas de proporcionar a aprendizagem, mas esse ideal tecnológico não foi alcançado por todos satisfatoriamente, uma vez que ainda encontramos *software* pouco acessíveis, porque tendem a contemplar somente um grupo seleto de usuários.

Diante desse contexto, o objetivo central deste estudo é projetar uma interface educativa que apresente de forma eficaz uma gama variada de situações para enriquecer a experiência cognitiva do surdo no campo das estruturas aditivas. Para tanto alguns objetivos específicos foram estabelecidos:

- Conhecer e reutilizar os requisitos mais adequados existentes em *software* educativos através da técnica de análise de competidores;
- Identificar as necessidades de representações e relações entre conceitos na interface de *software* educativo para crianças surdas;
- Desenvolver um protótipo de baixa fidelidade a partir de requisitos coletados na análise de competidores e na observação de uso de *software* concorrentes;
- Testar a usabilidade do protótipo desenvolvido.

Este trabalho está organizado da seguinte forma:

No Capítulo 2, é apresentada uma breve contextualização sobre a educação de surdos e a tecnologia educacional para estes usuários, perpassando pelas formas de comunicação e pelas filosofias educacionais. No Capítulo 3, o foco é o desenvolvimento da aprendizagem e especificidades de surdos para aquisição de conhecimento. No Capítulo 4, apresentamos um dos embasamentos do estudo – a Teoria dos Campos Conceituais. No Capítulo 5, é apresentada a metodologia utilizada com a finalidade de atender o objetivo principal deste estudo. No Capítulo 6, apresentamos as versões do protótipo de baixa fidelidade e discutimos os resultados encontrados. Para finalizar, no Capítulo 7 são apresentadas conclusões e contribuições, bem como, dificuldades encontradas ao longo deste estudo e perspectivas para trabalhos futuros.

2 A educação de surdos e a tecnologia educacional

Os Decretos 5296/2004 (Lei de Acessibilidade) e 5626/2005 (Lei da LIBRAS) influenciaram diretamente a melhoria da qualidade de vida dos surdos. A oficialização da língua de sinais como sendo língua natural, em todo o território nacional, vem demonstrar que o surdo possui capacidade de aprendizagem semelhante ao ouvinte, desde que, logo na infância, lhe seja oferecida a comunicação e o ensino em LIBRAS, para que o acesso a experiências que ocorrem em período anterior à escola, que recebe um ouvinte, também possa ser explorado por um surdo.

Um outro aspecto que se encontra em reformulação são as práticas pedagógicas em ambientes constituídos por surdos e ouvintes, o qual precisa que uma comunicação bilíngüe se efetive, quer seja através de intérpretes ou professores bilíngües.

Para Falcão L. (2007), torna-se relevante rever a formação do educador, uma vez que a prática docente ainda apresenta resquícios de uma filosofia terapêutica do deficiente fundamentada na incapacidade e no atraso do desenvolvimento cognitivo. Este fato pode ser resultado de práticas pedagógicas tradicionais e direcionadas somente a ouvintes, não sendo um descaso, mas um desconhecimento da necessidade de percepção da mudança no contexto escolar, partindo do respeito à especificidade da comunicação.

A inconsistência lingüística que perpassaram a educação dos surdos gerou também filosofias educacionais distintas que repercutiram em defasagens escolares significativas. Embora recentemente a LIBRAS tenha sido reconhecida como alternativa para minimizar e atenuar essas dificuldades, os surdos além de apresentarem algumas especificidades para aquisição de conhecimentos sofreram com a ausência de experiências em seu ambiente familiar, tão rica e necessária para formalização do conhecimento escolar.

Os baixos níveis de escolarização em relação à idade encontrados nos surdos também podem resultar da inadequação do conteúdo curricular, qualificação profissional do professor regente e do professor intérprete (Falcão L., 2007; Silva A., 2005), uma vez que a inclusão de surdos em salas de aulas regulares ainda caminha lentamente como toda reforma educacional.

Um suporte relevante para tentar acelerar este cenário seria o uso de tecnologia para mediação da aprendizagem de surdos, mas ainda observa-se a ausência de produtos adequados ou adaptados à clientela (Silva A., 2005), uma vez que se encontram em desenvolvimento apenas tradutores ou produtos vinculados a um tradutor da Língua Portuguesa para a língua de sinais, muitas vezes nem chegando ao mercado.

Portanto ao longo das demais seções apresentamos as filosofias educacionais à que os surdos foram expostos a partir do reconhecimento de suas formas de comunicação, que nem sempre foram as mais adequadas, mas exploradas pela sociedade como forma incluir o surdo. A seguir, nos apresentamos alguns software educativos para contextualizar a necessidade de recursos voltados para aquisição do conhecimento além da LIBRAS. E também dificuldades encontradas por surdos para aquisição de conhecimentos e conceitos matemáticos, perpassando por práticas pedagógicas direcionadas para este foco.

2.1 Comunicação, Filosofias Educacionais e LIBRAS

A comunicação é essencialmente dialógica e complexa. Se, por um lado, é possível afirmar que linguagem e pensamento têm origens separadas e que através da maturação de centros cerebrais e dos estímulos externos ocorre o cruzamento e a combinação das informações, é possível admitir como Vygotsky que estas forças se combinam e começam a exercer entre si uma ação mútua. Assim, à medida que a criança se desenvolve, a linguagem pode servir como impulso para o pensamento.

A linguagem possui, além da função comunicativa, a função de constituir o pensamento (Vygotsky, 2003). Os sentimentos, emoções segundo o modo de vida, a intensidade e a qualidade das relações interpessoais no que concerne a exposição de saberes experenciais contribuem na aquisição de conceitos em situação de aprendizagem.

Segundo Falcão L. (2007), a língua de um povo é um instrumento de comunicação que produz e reproduz a realidade, transformando as relações sociais, culturais e experienciais que historicamente constrói culturas e identidades. Ou seja, é o principal veículo de intercâmbio com o mundo exterior, por isso a interação social e as relações estabelecidas favorecem o desenvolvimento cognitivo do surdo, sendo de consenso de diversos pesquisadores (Góes, 1996; Kyle, 1999; Fernandes, 1990). Estes reconhecem o papel da linguagem comum/compartilhada como fundamental para a interação entre pessoas e a comunicação das mesmas.

O atraso na aquisição da linguagem por crianças surdas tem como conseqüência atrasos emocionais, sociais e cognitivos, considerando-se a linguagem num conceito mais amplo, abrangendo, além da função comunicativa, a função organizadora do pensamento (Fernandes, 1990).

A pessoa surda se comunica por meio de sinais, mãos e gestos que se transformam numa língua e não apenas numa "mímica" sem sentido, nem regras próprias, como apresentava-se no passado (Falcão L., 2007).

2.1.1 Filosofias Educacionais do Surdo

As filosofias educacionais estão relacionadas à exposição ao meio social, à linguagem e à qualidade de interações interpressoais (Goldfeld, 2002) que refletem diretamente no desenvolvimento cognitivo do surdo.

Ao longo da história, os surdos receberam a influência de três filosofias educacionais. Primeiramente, o Oralismo, como tentativa de reabilitação da surdez através da fala; a seguir, a Comunicação Total, como modalidade ampliada da oralização, tendo como princípios a utilização de qualquer recurso que favorecesse a comunicação; e, posteriormente, o Bilingüismo, que estabelece o respeito à língua natural do surdo e facilita a aprendizagem para a comunicação através da língua do país de origem.

2.1.1.1 Oralismo

No Oralismo, a aprendizagem da fala funciona como ponto central e compreende a estimulação auditiva para reconhecimento e discriminação de ruídos, mediante exercícios para a mobilidade e tonicidade dos órgãos envolvidos na fonação com treinamento de respiração e relaxamento, além da leitura labial que envolve o treino para identificação da palavra falada por meio da decodificação dos movimentos orais.

Estes procedimentos não garantem sentido nem compreensão da fala. A comunicação se dá fragmentada e não se torna interativa, ficando descontextualizada e sem relevância às relações interpessoais, reforçando o estigma da deficiência auditiva, não percebido nem aceito pela comunidade surda (Falcão L., 2007).

O Oralismo é considerado como uma imposição social de uma maioria lingüística sobre uma parcela minoritária da sociedade. A proposta fundamenta-se na "recuperação" da pessoa surda chamada "deficiente auditivo", enfatizando a linguagem oral como terapêutica (Soares, 1999; Fernandes,1990).

Esta filosofia não considera os aspectos cognitivos que são determinados pela linguagem e pela cultura e se prende somente ao canal oral-auditivo utilizado para a transmissão de conteúdos (Goldfeld, 2002; Quadros e Karnopp, 2004).

Ao analisar a ineficácia do método oralista na educação do surdo, Góes (1996) alerta para a acentuação da desigualdade entre surdos e ouvintes, dificuldade no desenvolvimento cognitivo e lingüístico e redução das possibilidades de trocas sociais com o impedimento de comunicação gesto-visual.

2.1.1.2 Comunicação Total

A Comunicação Total defende a utilização de qualquer tipo de comunicação, seja a língua de sinais, a linguagem oral ou códigos manuais com o objetivo de fazer fluir a comunicação, gerando diversos códigos.

De forma positiva, esta filosofia privilegia a comunicação e a interação, carrega uma cultura própria e cria recursos artificiais para facilitar a comunicação e a educação dos surdos, embora possa provocar dificuldades de comunicação entre surdos, pois propicia o surgimento de diversos códigos diferentes de língua de sinais (Goldfeld, 2002).

Para Ciccone (1990), a Comunicação Total não exclui técnicas e recursos para estimulação auditiva, como a adaptação de aparelho de ampliação sonora individual; leitura labial; oralização; leitura e escrita. No entanto, permite uma completa liberdade na prática de quaisquer estratégias para o resgate de comunicações, total ou parcialmente bloqueadas. E, dessa maneira, seja pela linguagem oral, seja pela de sinais, seja pela datilologia, seja pela combinação desses modos, ou mesmo por outros mecanismos, estimula-se a comunicação.

2.1.1.3 Bilingüismo

O Bilingüismo tem como pressuposto básico que o surdo deve adquirir como primeira língua a língua de sinais, que é considerada a língua natural do surdo e, como segunda, a língua oficial de seu país, no caso brasileiro, a Língua Portuguesa (Felipe, 2001; Lacerda, 2000; Quadros e Karnopp, 2004), estimulando no surdo um desenvolvimento rico e pleno da linguagem, possibilitando ao surdo um desenvolvimento integral (Lacerda, 2000).

Esta filosofia viabiliza um desenvolvimento cognitivo-lingüístico equivalente ao da criança ouvinte, pois permite que a criança acesse, desde a infância, a língua de sinais e a língua do grupo majoritário ouvinte (Lacerda, 2000; Plácido, 2004; Felipe, 2001; Quadros e Karnopp, 2004), evitando qualquer dano cognitivo ou emocional que possa decorrer de atraso de linguagem (Goldfeld, 2002), uma vez que valoriza as relações interpessoais e o contexto social, fazendo com que de fato a inclusão ocorra.

Defender o Bilingüismo, para Falcão L. (2007), é fundamental para busca de caminhos alternativos de comunicação, pois se comprovou que as metas de integração e desenvolvimento utilizadas no método Oralista e da Comunicação Total não foram eficazes. Deposita-se no bilingüismo a expectativa de transformação integral da pessoa surda, desde a conquista da autonomia para a vida e o mercado de trabalho, como, num caráter qualitativo, conquistar um parâmetro a ser socialmente e politicamente capaz nos direitos e deveres de cidadania.

2.1.2 Língua Brasileira de Sinais - LIBRAS

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2000), estima-se que a porcentagem da população brasileira com algum nível de surdez chegue a 3,5% nas modalidades: surdez leve, moderada ou profunda, uni ou bilateral, correspondendo a um quantitativo aproximado de 6 milhões de brasileiros distribuídos nos mais de 5000 municípios.

O surdo apresenta uma especificidade e uma necessidade educacional metodologicamente diferenciada. O modelo de escola em que o surdo esta inserido é prioritariamente oral-auditivo, dificultando o avanço escolar, pois apenas uma pequena parcela de surdos consegue chegar a concluir a educação básica (Falcão L., 2007).

Para os surdos, a língua de sinais apresenta uma forma de comunicação que é adquirida espontaneamente na idade infantil, então se essa forma de

comunicação for respeitada desde os primeiros anos de vida minimiza-se o risco de defasagem na aprendizagem. Sendo possível que a aprendizagem ocorra de forma semelhante à da criança ouvinte, sem sofrer nenhuma lacunas cognitivas que possa decorrer do atraso da linguagem e rendimento escolar. (Goldfeld, 2002; Lacerda, 2000; Quadros e Karnopp, 2004).

A língua gestual/visual necessita de interação, mas mais importante do que isso é o olhar dirigido ao interlocutor, uma vez que uma palavra pode conter diferentes significados que estão diretamente ligados a um contexto.

Campos (2002) esclarece o termo gestual-visual que compõe a língua de sinais, em que o gestual significa um conjunto de elementos lingüísticos manuais, corporais e faciais necessários para a articulação do sinal. Dessa forma, enquanto um constrói uma sentença a partir desses elementos, o outro utiliza os olhos, ao invés dos ouvidos para entender o que está sendo comunicado.

Assim, a LIBRAS apresenta uma gramática com regras específicas (sistema fonológico, morfológico e sintático) através dos parâmetros: configuração das mãos, locação, movimento, orientação e expressão facial que, segundo o contexto social (Goldfeld, 2002; Quadros e Karnopp, 2004; Felipe, 2001; Campos 2002), favorece a comunicação, a interação e apresenta como objetivo a construção da identidade do sujeito surdo, desde que respeitada e usada na integra.

2.2 Ferramentas educacionais com foco em usuário surdo

O avanço das tecnologias educacionais ainda é precário quando se trata de usuários surdos. Os produtos desenvolvidos para este grupo minoritário são normalmente tradutores da Língua Portuguesa para a LIBRAS. Embora, segundo Campos (2002), a informática tenha estado presente na educação de surdos como recurso para treinamento da fala, do ápice do oralismo até os dias de hoje na abordagem bilíngüe.

A ausência de produtos que atendam a necessidade do usuário surdo ainda é grande, embora seja possível criar ambientes de aprendizagens baseados em ferramentas informatizadas que oportunizem para as crianças surdas outras formas de desenvolvimento (Silva A., 2005).

A carência de produtos com este enfoque pode ser porque o reconhecimento para aquisição da LIBRAS é recente, uma vez que foi regulamentado pela 5626/2005. Assim a necessidade de aquisição da LIBRAS tornou-se foco mestre e as demais demandas foram sendo adiadas, como *software* educativos para áreas específicas.

Numa pesquisa neste sentido encontramos algumas ferramentas apresentam essas propostas é o caso de VIAS-KA, FALIBRAS, VISUAL-GD, TLIBRAS, BILÍNGÜE voltados para tradução/interpretação da Língua Portuguesa para LIBRAS e vice-versa ou se utilizando de tradutores que desconsideram o contexto inclusivo o qual o surdo precisa conviver. Mesmo sendo encontrado disponível para uso somente o Bilíngüe, pois os demais são

produtos de pesquisas que ainda não chegaram às mãos do usuário final, ainda assim consideramos relevantes apresentá-los para que pudéssemos conhecer as propostas encontradas e delimitarmos nosso estudo.

2.2.1 VIAS - *Knowledge Access* (VIAS-KA)

O VIAS-KA (Miranda, Loureiro, Martins, Machado, Rodriguez, Barcia, Especialski, 2005) é uma plataforma que está sendo desenvolvida pelo Instituto Virtual de Estudos Avançados (VIAS) para suportar um conjunto de conteúdos, atividades e exercícios, além de modelos interativos; é composto de personagens, suporte para alunos à distância e ferramentas colaborativas. A proposta é que sirva como ferramenta para alfabetização de surdos, aprendizagem de conteúdos formais e como ferramenta do ensino da LIBRAS. A sugestão de interface final pode ser observada abaixo (Figura 2.1).

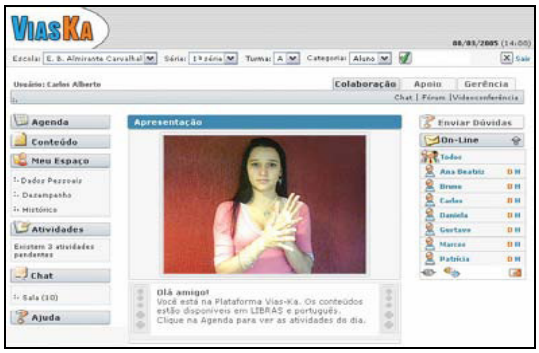


Figura 2.1 – Tela do Vias-Ka

2.2.2 FALIBRAS

O FALIBRAS (Coradine, Albuquerque, Brito, Silva, Silva, 2002) é um projeto da Universidade Federal de Alagoas, consiste na implementação de um sistema que, ao captar a fala no microfone, exibe, no monitor de um computador, a interpretação do que foi dito, em LIBRAS, na sua forma gestual, animada, em tempo real. Ele está sendo desenvolvido com o intuito de auxiliar na comunicação entre ouvintes e surdos, facilitando o convívio entre os mesmos, possibilitando aos surdos sua integração em locais públicos, principalmente em escolas, garantindo seu aprendizado e sua participação. A proposta do FALIBRAS pode ser observada na Figura 2.2.

Figura 2.2 – Tela do Falibras-MT

2.2.3 Visual – GD

O Visual-GD (Vieira, 2005) é um produto projetado pelo grupo do Laboratório de Hipermídia (HiperLab) da Universidade Federal de Santa Catarina. A proposta inicial era de um ambiente hipermídia educacional de auxílio à aprendizagem de conceitos de geometria descritiva para ouvintes.

Depois foram feitas reestruturações para que o *software* pudesse contemplar surdos usuários da LIBRAS com uma interface explicativa que aborda a conceituação de Geometria Descritiva, o uso do *software* e o acesso ao programa (Figura 2.3). Em várias telas do ambiente é possível utilizar o recurso da tradução do conteúdo para LIBRAS através de um botão ativado/desativado que possibilita a apresentação de um vídeo com intérprete, permitindo que seja explorado tanto pelo usuário surdo como pelo ouvinte.

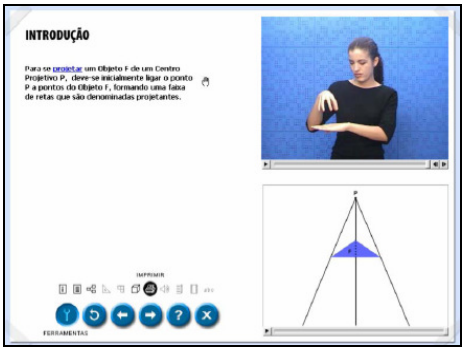


Figura 2.3 – Tela do Visual GD

2.2.4 TLIBRAS

O TLIBRAS (Lira, 2003) é um projeto do Grupo Acessibilidade Brasil com apoio financeiro do Ministério da Educação do Governo Brasileiro, composto de um tradutor informatizado da Língua Portuguesa para a LIBRAS para ser usado em sala de aula; pela futura televisão digital; em vídeos; pela internet, na construção de livros visuais, traduzindo informações por meio de sinais animados, apresentados via computador.

Como entrada, o tradutor recebe uma frase em português que pode ser digitada ou lida de um texto já existente. A seguir, ocorre a tradução do português para uma notação de LIBRAS e desta para animação de um personagem em 3D. A proposta do TLIBRAS pode ser visualizada na Figura 2.4.

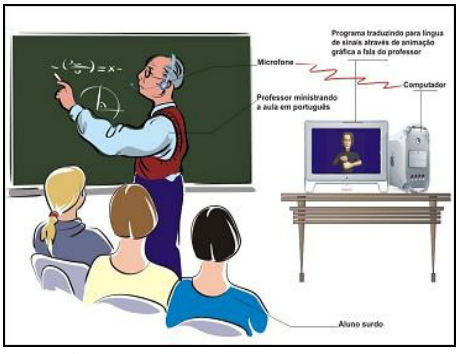


Figura 2.4 – Proposta do TLIBRAS

2.2.5 BILINGUE

O BILINGUE[1] é um *software* livre, desenvolvido pelo Instituto de Psicologia (IP) da Universidade de Brasília (UnB) para auxílio na alfabetização de alunos (surdos e ouvintes) com o objetivo de subsidiar a aquisição da LIBRAS e leitura de palavras e orações em Língua Portuguesa, através de aula virtual. Além de possibilitar a apresentação de palavras, imagens e sinais em LIBRAS no ensino de vocábulos e orações e acompanhar o ritmo de aprendizagem, estabelecendo e registrando critérios de desempenho.

Uma de suas opções é listar uma aula existente ou criar uma nova aula, envolvendo animações e imagens. A tela inicial e uma das aulas sugeridas pelo BILINGUE podem ser visualizadas na Figura 2.5 e na Figura 2.6.

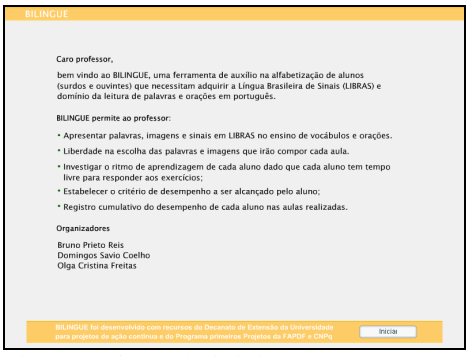


Figura 2.5 – Tela inicial do BILINGUE

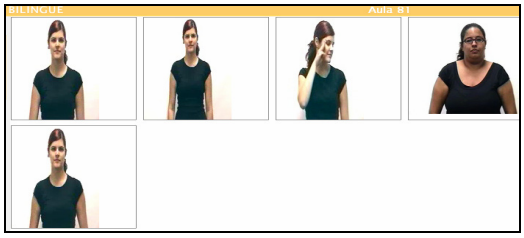


Figura 2.6 – Proposta de aula do BILINGUE

2.2.6 Contextualização

Pode-se perceber que esses *software*configuram-se como tradutores e/ou dicionários bilíngües (LIBRAS/LP-LP/LIBRAS), nos quais o usuário pode interagir por meio da escrita da língua oral, obtendo como resultado, segundo os desenvolvedores a aprendizagem da LIBRAS, embora em nenhum deles consigamos considerar o uso da LIBRAS de forma satisfatória, visto que, para configurar seu uso, todos os cinco parâmetros (configuração das mãos, locação, movimento, orientação e expressão facial) devem ser respeitados (Falcão L., 2007) e não foram observados em conjunto em nenhum desses *software*.

Com esta análise, percebeu-se que os *software* estudados envolvem, na maioria, somente tradução da LIBRAS para a Língua Portuguesa, e vive-versa, sem, contudo, focar num conteúdo da grade curricular do ensino regular, deixando muito ampla e até vaga sua forma de exploração, que pode, inclusive,

[1] Disponível em: http://www.surdobilingue.org/bilingue/index.php?c=ca.login.CVerLogin. Acesso em 10 de maio 2007.

gerar desinteresse por parte do usuário uma vez que a proposta é muito específica para aquisição da LIBRAS ou exploração desta.

Outro ponto é que, de todos os produtos aqui apresentados, somente o BILINGUE encontra-se disponível no mercado, os demais *software* encontram-se em fase de implementação; assim, vale salientar que não conseguimos esgotar a análise de todas as funcionalidades dos demais produtos aqui citados.

Assim pretendemos discutir que tipo de interface atenderia as necessidades do surdo a partir das dificuldades encontradas na literatura para aquisição de conhecimento, tentando vislumbrar alternativas para minimizar essas lacunas cognitivas.

2.3 Especificidades para aquisição de conhecimentos por surdos

O ensino da matemática sempre foi conhecido por suas dificuldades, tanto do professor na aquisição da aprendizagem quanto do aluno em adquirir o conhecimento.

Conforme o Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb)[2], percebemos que as médias nacionais em proficiência matemática em alunos da 4ª série do ensino fundamental de escolas urbanas foi de 192,83 (1995) para 185,66 (2005), numa escala de zero a 500; como podemos observar, houve uma queda considerável.

Os dados da Prova Brasil[3], realizada em 2005, apresentaram médias nacionais para alunos da 4ª série, respectivamente em Português e Matemática, que ficaram em 172,9 e 180 - abaixo dos 200 pontos que seriam o desempenho esperado. Essa prova mediu o conhecimento na área de Língua Portuguesa (com foco em leitura) e Matemática (com foco em solução de problemas) de 3.306.317 estudantes brasileiros, abrangendo 41 mil escolas e o desempenho dos alunos da rede pública em 5.398 municípios.

Embora o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA)[4] tenha mostrado em 2003, que mesmo com baixo aproveitamento, o Brasil apresentou um crescimento de resultados, entre 41 países, em duas áreas do conteúdo matemático avaliado, esses resultados têm evidenciado a dificuldade de alunos na compreensão de conceitos matemáticos. Implicitamente também evidenciam dificuldades no ensino de matemática, pois se alunos, de modo geral, não estão se saindo bem nestes exames, o ensino em sala de aula está deficiente. Se o ensino é deficiente é provável que professores não dominem conhecimentos dos próprios conceitos a serem trabalhados com seus alunos e/ou desconheçam modos eficientes de trabalhá-los.

Podemos perceber que a matemática ainda conta com um dos maiores índices de reprovação e, mesmo quando os alunos são aprovados, o são em avaliações descontextualizadas e sem real relação com a matemática vivenciada

[2] Disponível: http://www.inep.gov.br/basica/saeb/. Acesso em 20 mar. 2007.
[3] Disponível: http://www.inep.gov.br/basica/saeb/prova_brasil/. Acesso em 20 mar 2007.
[4] Disponível: http://www.inep.gov.br/internacional/pisa/. Acesso em 20 mar 2007.

pelos alunos. Esses resultados podem confirmar o pressuposto de que o conhecimento matemático tem suas bases nas experiências cotidianas e que as relações construídas fora e dentro da escola podem direcionar e consolidar a aquisição de conceitos matemáticos (Nunes, Campos, Magina e Bryant, 2002*)*.

Para Nunes *et al.* (*2002)* uma das funções mais significativas da educação matemática é promover a coordenação dos esquemas em ação e de raciocínios que a criança desenvolve fora da sala de aula com as representações que fazem parte da cultura matemática. Os esquemas em ação, segundo a Teoria dos Campos Conceituais, referem-se aos conhecimentos mobilizados pelos alunos para desenvolverem e/ou aplicarem uma estratégia de resolução, ou seja, são conhecimentos implícitos na organização que aluno faz de suas ações ao buscar soluções para problemas (Carraher, Carraher, Schliemann, 1988).

A necessidade de coordenar raciocínios desenvolvidos fora e dentro da sala de aula tem sido enfatizada para o caso de alunos ouvintes em classes regulares (Carraher, Carraher, Schliemann, 1988), mas é também válida para crianças surdas, principalmente considerando-se as defasagens faixa etária/nível de escolaridade observadas nestas crianças (Zarfaty, Nunes e Bryant, 2004). Sem a devida consideração dos conhecimentos desenvolvidos pela criança surda, pode-se comprometer o desenvolvimento cognitivo desse aluno.

Se focarmos a resolução de situações-problema, o baixo desempenho de estudantes surdos foi atribuído por Traxler (2000) *apud* Kelly, Lang e Pagliaro (2003a) a uma combinação lingüística, cognitiva e de fatores experienciais. O conteúdo lingüístico pobre ou pouca habilidade com a linguagem foi considerado um dos principais fatores para as dificuldades de estudantes surdos com a matemática. O desenvolvimento cognitivo e as experiências vividas fora e dentro da escola são diretamente relacionadas a questões lingüísticas. O pouco desenvolvimento da linguagem afeta os relacionamentos da criança surda e as experiências por ela vivenciadas podem influenciar o seu desenvolvimento cognitivo.

Bull, Marschark e Vallee (2005) reforçam que o atraso de surdos em habilidades matemáticas está diretamente ligado a fatores culturais e de aquisição do idioma, pois a falta de coordenação entre formas lingüísticas, simbólicas e analógicas da representação do número pode conduzir à dificuldade de aquisição de conceitos aritméticos. Os ouvintes, por um lado, aprendem sobre correlações usando informações visuais e audíveis, como, por exemplo, ao correlacionar objetos com a expressão oral usada para denominar o mesmo. Por outro lado, as crianças surdas precisam assistir e relacionar duas fontes de informação visual para realizar a mesma atividade. Observa-se, assim, que há particularidades na forma do aluno surdo aprender que são diferentes do aprendizado de crianças ouvintes.

Nunes *et al.* (2002) complementam esses argumentos ao colocarem que os conceitos mais simples de adição e subtração requerem a coordenação entre os esquemas de ação e os sistemas de sinais culturalmente desenvolvidos. Se, portanto, para a compreensão de número e de operações aritméticas são necessárias coordenações com palavras e outros símbolos, a criança surda fica

em desvantagem, pois sua compreensão de sinais culturalmente desenvolvidos é diferenciada da compreensão de crianças ouvintes.

2.3.1 Dificuldades de aquisição dos conhecimentos matemáticos por surdos

Ao longo dos anos pesquisas têm mostrado que surdos apresentam dificuldades em matemática, quando comparadas com a de ouvintes (Hine, 1970; Austin, 1975; Titus, 1995; Nunes e Moreno, 1998; Traxler, 2000; Nunes e Moreno, 2002; Kelly, Lang e Pagliaro, 2003a; Kelly, Lang, Mousley e Davis, 2003b; Bull, Marschark e Vallee, 2005; Zarfaty, Nunes e Bryant, 2004).

As evidências sobre níveis inferiores do sucesso matemático apresentado por alunos surdos em comparação com os ouvintes podem ser encontradas, por exemplo, no estudo de Wollman (1965) *apud* Zarfaty, Nunes e Bryant (2004), que pesquisou aproximadamente um terço dos alunos surdos de 13 escolas, no Reino Unido, e encontrou um desempenho inferior aos ouvintes em testes de aquisição de conhecimento matemático. Embora sejam resultados gerais, percebemos que o desempenho de surdos quanto a conhecimentos matemáticos já vinha sendo explorado.

Hine (1970) *apud* Zarfaty, Nunes e Bryant (2004) investigou o desempenho em matemática de crianças surdas de 7 a 16 anos e encontrou um significativo atraso na aprendizagem, quanto à compreensão aritmética de alunos de 10 e 15 anos que equivalia, respectivamente, aos de crianças de 8 e 10 anos. Esse estudo também apresenta dados gerais, mas não deixa de ser significativo se observarmos a data em que as pesquisas neste sentido iniciaram.

De modo semelhante a estudos anteriores, Wood, Wood, Kingsmill, French e Howarth (1984) *apud* Bull, Marschark e Vallee (2005) encontraram em seus estudos um atraso de 3,5 anos em alunos surdos com idade entre 16 e 17 anos em relação às competências matemáticas, apesar do *Q.I.* normal. Este outro estudo, um pouco mais recente, apresenta resultados semelhantes, embora não esclareça o tipo de atividade explorada.

No estudo de Lewis e Mayer (1987) encontramos especificidades quanto ao teste aplicado com surdos. Os autores descreveram dois tipos de problema, que classificaram como: consistentes e incoerentes. No primeiro, a variável desconhecida é apresentada na segunda oração e o termo relacionado na segunda oração (por exemplo, mais que) é coerente com a operação de aritmética necessária (por exemplo, adição). No segundo, a variável desconhecida é o objeto da segunda oração, e o termo relacionado (por exemplo, mais que) gera divergência da operação de aritmética (por exemplo, subtração). Por exemplo, um problema de subtração consistente requer subtração do segundo número do primeiro, e o problema especificamente usa o termo menos. Um problema incoerente de subtração, em contraste, exige subtração do segundo número do primeiro, mas o problema usa o termo mais.

Esse estudo identificou e classificou três tipos de erros: a representação incorreta de um problema que usava operação inversa, por exemplo, subtração usada em um problema de adição; erros de aritmética, e quando um passo dos

dois passos do problema era omitido. Os 96 estudantes pesquisados de uma faculdade geraram 768 soluções escritas (96 soluções de 8 tipos de problema) com 687 respostas corretas (89,4%), 53 erros de reversão (6,9%), 22 erros de aritmética (2,9%) e 6 erros de omissão (8%).

Esses resultados, segundo Kelly *et al.* (2003b), mostram que os pesquisados apresentaram mais dificuldades na compreensão quando a operação de aritmética exigida era dissociada do termo relacionado do problema, por exemplo, somavam quando o termo relacionado era "menos que". Além de enfatizarem que a dificuldade com a interpretação persiste mesmo durante o ingresso no curso superior de ensino.

Num outro estudo Serrano (1995) *apud* Kelly *et al.* (2003b) examinaram o desempenho matemático de 12 crianças surdas espanholas com idade entre 8 e 12 anos na resolução de 8 tipos de situações-problema (mudança, comparação e associação). Os resultados sugeriram que o nível de interpretação está diretamente relacionado com as habilidades de resolução de problemas e que os surdos acharam mais fácil a resolução de problemas matemáticos quando os dados encontravam-se na mesma ordem em que eram aplicados ao algoritmo de resolução.

E nos estudos de Nunes e Moreno (1998) foram encontradas na Inglaterra, crianças surdas de 8 a 12 anos com uma defasagem de aprendizagem de conceitos matemáticos bem significativa, quando comparada com a de ouvintes.

Outros resultados semelhantes também foram encontrados na Suécia por Heiling (1995) *apud* Zarfaty, Nunes e Bryant (2004) *e* na Noruega por Frostad (1996). Mais recentemente foram confirmadas essas diferenças com crianças de 8 anos, através da 9ª edição do *Stanford Test* – SAT 9, nos Estados Unidos (Traxler, 2000).

Algumas dessas defasagens foram especificadas: Austin (1975) em conceitos de medida e do número; Titus (1995) no desenvolvimento de conceitos de fração e Kelly *et al.* (2003b) na habilidade de 96 estudantes universitários do Instituto Técnico Nacional para Surdos (NTID) de Nova Iorque, em resolver 8 tipos de situações-problema que envolviam conceitos aritméticos.

Todos esses estudos nos levam a despertar para dificuldades que os surdos apresentam ao explorarem conhecimentos matemáticos, bem como, a necessidade de práticas educativas mais direcionadas às necessidades que aparentemente surgiram em função de a comunicação destes apresentar-se prioritariamente na forma gestual-visual e as propostas pedagógicas ainda serem tradicionais.

2.3.2 Influência de experiências anteriores ao período escolar

As experiências adquiridas no cotidiano são constituintes de muitos conhecimentos, inclusive mais tarde eles são formalizados com o ingresso escolar. Essas formas de aquisição de conhecimentos têm um ambiente muito

rico na interação com o outro, quer seja em tarefas comuns, como ajudando aos pais a deveres da casa, quer seja com brincadeiras infantis. Algumas pesquisas já comprovaram que crianças quando pertencentes a um ambiente rico em estímulos tendem a serem mais criativas.

Com a criança surda não é diferente, pelo contrário são mais do que necessários, uma vez que apresentam uma comunicação, muitas vezes distante do ambiente de convívio gerando fragmentações na aquisição de conceitos.

Nunes e Moreno (2002) identificaram duas dificuldades específicas apresentadas por alunos surdos que podem explicar, pelo menos em parte, o baixo desempenho matemático.

Segundo as autoras, a primeira dificuldade está relacionada ao acesso de crianças surdas à aprendizagem informal, uma conseqüência da perda de audição. A perda auditiva limita muitas fontes de informação (por exemplo, rádio, conversas ao redor da mesa de jantar) e, assim, a aprendizagem informal pode apresentar lacunas. Como conseqüência, alguns conceitos abstraídos implicitamente em período anterior ao escolar podem precisar de um reforço, um exemplo é a composição aditiva, que explora que a compreensão de qualquer número pode ser vista como a soma de outros números, conceito este que pode ser aprendido em experiências com dinheiro, por exemplo.

A outra dificuldade está relacionada com as inferências sobre o tempo, uma vez que crianças surdas têm significativamente mais dificuldade em relação às crianças ouvintes quando é preciso fazer alguma referência a atividades que envolvem tempo, numa sucessão de eventos, habilidade esta exigida para aprender sobre a relação inversa entre adição e subtração (Nunes e Moreno, 2002).

As mesmas autoras alertam que a perda da audição não pode e nem deve ser considerada como dificuldade de aprendizagem de conceitos matemáticos e sim como fator de risco para aquisição de conhecimentos. Para elas o progresso dos estudantes surdos em matemática é influenciado pela qualidade do ensino que recebem, no qual deveriam ser mais exploradas atividades motivadoras e contextualizadas com o cotidiano.

Goldfeld (2002) coloca que o cotidiano é imprescindível para vivenciar experiências e que trocas sócio-afetivas são de extrema importância porque elas são constituintes do sujeito. Muitas experiências vividas pela maioria das crianças não são, porém, acessíveis à criança surda (Dorziat, 1999).

Zarfaty, Nunes e Bryant (2004) afirmam que é consenso que as crianças surdas possuem certa lacuna de desenvolvimento porque muitas das experiências informais envolvem a língua falada. A falta de linguagem falada proporciona menos oportunidades de aprendizagem às crianças surdas, em relação a ouvintes.

Essa lacuna passa a estruturar diferentemente as inferências sobre os conhecimentos quando as crianças surdas começam, por exemplo, a usar

números para indicar quantidade, daí a importância do período que antecede a escola no desenvolvimento informal de estratégias de adição e subtração (*Ibid*).

As dificuldades apresentadas por parte de crianças surdas podem ser resultados de representações não-verbais do número; embora existam evidências de que as crianças surdas possam ser prejudicadas pelas experiências que envolvem a comunicação verbal, algumas das experiências matemáticas são totalmente não-verbais (Traxler, 2000; Bull, Marschark e Vallee, 2005; Kelly, Lang e Pagliaro, 2003a).

Esses estudos mostram algumas das dificuldades matemáticas encontradas por alunos surdos e tentam esclarecer o período da trajetória escolar que o aluno surdo começa a apresentar dificuldades que podem acompanhá-lo por toda a vida.

Também apresentam um consenso, no que se refere aos conhecimentos matemáticos adquiridos em período anterior à escola, ou seja, experiências informais, que são os conhecimentos culturalmente transmitidos, têm um papel fundamental na aquisição de conceitos matemáticos, uma vez que trabalha com a formalização destes conhecimentos.

As experiências informais, na sua maioria, são apresentadas através da comunicação oral por falta de conhecimento, quando os surdos são filhos de pais ouvintes e/ou credibilidade da LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais), quando os professores negam esta forma de interação através do uso da oralização.

Assim, as crianças surdas deixam de ser estimuladas em língua de sinais no período que corresponde ao desenvolvimento da linguagem e, quando chegam à idade escolar, as entidades educacionais ainda não se encontram preparadas na íntegra para trabalhar com essa especificidade lingüística.

2.3.3 Metodologias e ações didáticas escolares

As metodologias usadas, em sala de aula, seja qual for o conhecimento abordado, ainda são um fator a ser questionado em espaços escolares inclusivos. Uma mesma sala de aula com surdos e ouvintes ainda é uma novidade para a grande maioria dos professores que tentam procurar inovar suas práticas para atender a estudantes que pertencem a contextos semelhantes, mas não iguais.

Bull, Marschark e Vallee (2005) despertam para algumas precauções que deveriam ser observadas pelos professores, como, por exemplo, explanação do conteúdo com o professor voltado para a lousa, não permitindo ao estudante perceber sua expressão e muito menos perceber qualquer interação e também a necessidade de acesso ao material didático prévio, permitindo contato por parte do estudante surdo através da leitura.

Para Kelly *et al.* (2003b), os surdos deveriam receber a instrução e a prática com uma variedade de estratégias de representação dos problemas, tanto escrita como gráfica, bem como divididas em etapas, facilitando a organização da estratégia de resolução. Também sugere aumentar gradativamente o grau de

complexidade dos problemas, envolvendo raciocínio comparativo (mais que, menos que).

O estímulo da linguagem matemática comparativa (mais que, menos que) apresenta uma lacuna, que fragiliza o raciocínio dedutivo do surdo. Essa lacuna está associada ao fato de que esses termos não fazem parte da língua natural do surdo, embora seja percebido seu uso na Língua Portuguesa escrita.

A comunicação usada pela criança surda apresenta um vocabulário restrito (dependendo do contexto, uma mesma palavra tem vários significados). Uma das justificativas para esse fato é a falta de experiências verbais durante e após a aquisição da linguagem, limitação que as crianças ouvintes não sofrem.

Muitas vezes os professores concentram seus esforços em ajudar as crianças surdas a compreenderem aspectos verbais da estrutura das palavras e pouco tempo em incentivar o uso de estratégias para resolução de situações-problema, por isso a maioria das dificuldades encontradas por estudantes surdos na resolução de situações-problema está relacionada à interpretação e compreensão do que se encontra escrito, principalmente se envolver comparativos (mais que, tais como, menos que,...), justamente porque possuem poucas experiências com o uso desses termos em sua linguagem (Kelly *et al.,* 2003b).

Outro estudo de Zevenbergen *et al.* (2001) *apud* Kelly *et al.* (2003b) examinou estratégias lingüísticas usadas por estudantes australianos surdos para a resolução de problemas aritméticos, usando palavras comuns (mais e menos) e operações correspondentes (adição e subtração); percebeu-se que um pequeno número de estudantes foi capaz de responder corretamente quando o "menos" era usado no sentido relacional.

Para esses autores, os estudantes surdos pareciam encontrar dificuldade para interpretar quando o *menos* era usado com diferentes sentidos. Em algumas tarefas (Quanto o número 2 é menor que o número 3?) somente alguns estudantes perceberam o uso do *menos* para conotar subtração. A maioria dos estudantes viu a tarefa como um comparativo em que necessitavam identificar o maior número (no caso, 2 ou 3). Esses estudantes parecem não conseguir interpretar o significado das palavras *mais* e *menos* por terem aprendido estratégias de resolução simplificadas demais. Num outro exemplo (John tem 2 baldes. Eric tem 6 baldes. Quantos baldes a mais que John o Eric tem?) que requeria uma comparação e uma diferença, alguns estudantes surdos interpretaram que se estava questionando qual a maior ou menor quantidade. Assim, os autores concluíram que a maior dificuldade está na sintaxe da pergunta mais do que na aritmética da operação.

Zarfaty, Nunes e Bryant (2004) pesquisaram o desempenho de crianças surdas em tarefas de representação do número na forma espacial e temporal. Foram pesquisadas vinte crianças (metade surdas e metade ouvinte) com idade entre 2,5 anos e 4,5 anos.

Os resultados da pesquisa conduziram a duas conclusões por parte desses autores. A primeira é que, nos primeiros anos na escola, as crianças surdas não apresentam nenhum problema particular com representação de número, sugerindo que as dificuldades encontradas por crianças surdas em anos subseqüentes não têm origem na representação de número inadequada. Pelo contrário, essas dificuldades podem estar ligadas à exposição a um número restrito de experiências ou dificuldades de compreenderem aspectos culturalmente transmitidos quanto ao conhecimento matemático. A segunda é que as crianças surdas são particularmente boas em representar números quando são apresentados jogos em ordem de espaço. Assim podem aprender mais depressa e efetivamente sobre matemática se as apresentações do professor levarem em consideração a representação de espaço, em lugar de uma forma temporal.

Outro aspecto a se considerar é colocado por Kelly, Lang e Pagliaro (2003a) ao se referirem aos professores que podem não estar qualificados para trabalhar no sentido de atender as necessidades de estudantes surdos, no que diz respeito ao estímulo de habilidades matemáticas para resolução de situações-problema. Esses autores sugerem o uso de analogias para estimular estratégias de resolução e relacionar as situações-problema com o conhecimento e informação que os estudantes já trazem.

Segundo Kyle (1999), as crianças surdas vivem numa sociedade que possui a língua falada e escrita como majoritária; então para alcançarem o potencial que é aparente no funcionamento cognitivo do surdo, precisam acessar a língua da maioria, mas antes de tudo conhecer sua própria língua.

Embora aspectos da estruturação da prática pedagógica e formas de aquisição do conhecimento por surdo estejam presentes na bibliografia, pouco têm impactado no cotidiano escolar. Um dos motivos para esse problema pode ser o fato de os professores terem pouco ou nenhum acesso a essas alternativas e soluções para trabalhar conceitos matemáticos com surdos.

Assim, torna-se importante considerar todos esses pontos para conseguir contribuição na aquisição de conhecimentos matemáticos por surdos. Embora o contexto seja complexo, vale salientar que estamos numa sociedade inclusiva em que a Língua Portuguesa, pelo menos escrita, faz grande diferença na interação.

A sala de aula inclusiva ainda apresenta um outro fator complicador para a aprendizagem de crianças surdas em relação às ouvintes; é a necessidade de se alfabetizar logo nos primeiros anos escolares em duas línguas, a Língua Portuguesa escrita e a LIBRAS. A justificativa é que a maioria das crianças surdas chega à escola usando sinais criados e convencionados em seu ambiente familiar, não atendendo ao padrão da LIBRAS; isso gera uma comunicação paralela, dentro de sua língua natural, que com o tempo vai sendo substituída pela LIBRAS.

Todos esses fatores deixam a aprendizagem das crianças surdas fragilizada, gerando atrasos de desempenho, seja pela comunicação, pela falta de experiências em período anterior à escolarização, pela metodologia direcionada

somente a ouvintes, enfim muitos fatores foram abordados nesta seção e nosso propósito é nos valermos desses subsídios para encaminhar este estudo e levantar a necessidade de recursos que contemplem surdos, principalmente tecnológicos.

3 Campo conceitual das estruturas aditivas

A Teoria dos Campos Conceituais é uma teoria cognitivista na qual Gerard Vergnaud esclarece que, para compreender o desenvolvimento e a apropriação dos conhecimentos, é necessário estudar conjuntos vastos e interligados de situações e conceitos. E os conceitos, por mais simples que sejam, interligam-se com outros e, desta forma, não se pode isolá-los nos processos de aprendizagem e de ensino.

Assim, um campo conceitual pode ser definido como um conjunto de situações cujo domínio envolve uma variedade de conceitos, de procedimentos e de representações simbólicas em estreita conexão. (Vergnaud, 1986).

Para Moreira (2002), essa teoria se propõe contribuir para ajudar ao aluno a desenvolver seu repertório de esquemas e representações envolvendo novos invariantes[5] operatórios.

Segundo essa teoria, existe uma série de fatores que influenciam e interferem na formação e desenvolvimento de conceitos e Vergnaud advoga que o conhecimento conceitual deve emergir a partir de situações-problema[6] (Magina *et al.*, 2001). Ao buscar dominar situações, e não meramente pela aplicação de procedimentos transmitidos, o aprendiz desenvolve sua compreensão de conceitos, pois são as situações que moldam e dão sentido a um conceito e é através delas que se torna possível definir um campo conceitual como um conjunto de situações (Moreira, 2002). Dessa forma, o aprendizado matemático deve iniciar pela solução de situações-problema.

Nesta perspectiva, a construção de um conceito fundamenta-se num tripé de conjuntos (*S, I, R*), no qual:

- *S* – é o conjunto de situações que tornam o conceito significativo, constituem o referente do conceito;
- *I* – refere-se a um conjunto de invariantes (objetos, propriedades, relações) que constituem as diferentes propriedades do conceito (teorema e conceitos-em-ação); dão significado a um conceito;
- *R* – refere-se a um conjunto de representações simbólicas que podem ser usadas para representar os invariantes mobilizados; são o significante do conceito.

A proposta de ensino amparada na Teoria dos Campos Conceituais fundamenta-se na análise das situações-problema, na análise de tratamento dos

[5] Um invariante é uma propriedade ou relação que é conservada sobre um certo conjunto de transformações (Vergnaud, 1986).

[6] Segundo Vergnaud (1986), situação-problema é qualquer situação na qual é necessário descobrir relações, desenvolver atividades de exploração, de geração de hipóteses e de verificação, para produzir uma solução.

procedimentos envolvidos na resolução destas, na discussão de propósitos e argumentações e das representações simbólicas utilizadas (Vergnaud, 1997).

Magina *et al.* (2001) especifica ao colocar que conceitos matemáticos estruturam sentidos a partir de uma variedade de situações, e cada situação não pode ser explorada envolvendo apenas um conceito. Assim, a resolução de situações-problema, além da exploração de variadas formas de representações com o objetivo de construir novos conceitos, deve também envolver situações do contexto do aluno.

Vergnaud (1986, 1991) esclarece que na resolução de situações-problema a criança envolve um grande número de teoremas – conhecimentos equivalentes a propriedades de um conceito. As habilidades e saberes mobilizados nesta ação são reconhecidos, por Vergnaud, como *teoremas-em-ação*, ou seja, uma proposição considerada verdadeira sobre o real. Resumidamente os *teoremas-em-ação* referem-se a uma representação do que é relevante na ação, na qual apenas os aspectos essenciais da ação aparecem.

Um exemplo é a resolução de um problema de subtração. Para resolvê-lo uma criança usa determinados *teoremas-em-ação* que estão implícitos, mas cuja verbalização não é clara. Nesse caso, são colocados em prática para um determinado tipo de situação, mas seu uso ainda não explora generalizações (o todo subtraído de uma das partes). Enquanto não existe apropriação de mecanismos para explicitar um conceito, o mesmo ainda não se apresenta construído. O uso em determinada situação ou contexto não consolida a apropriação de invariantes e propriedades comuns, mas direciona a apropriação de um determinado conceito.

Na prática, podemos exemplificar pelo uso de material concreto (palitinhos, marca no papel, dedos das mãos) para representar os invariantes mobilizados. Uma vez que a resposta fornecida certamente não seria a quantidade de material manipulado, mas a quantidade solicitada no problema através da representação, os objetos usados não têm relevância, mas sim o resultado. Na realidade, o objeto usado não tem significado referente ao problema, mas sim a ação e o resultado.

Neste caso, torna-se relevante apresentarmos os conceitos mobilizados na resolução de problemas aditivos, que se concentram em: conceito de medidas, conceito de adição, conceito de subtração, conceito de transformação de tempo, relações de comparação e composição de quantidades. Além dos conceitos de: inversão, correspondência, unidade, junção, separação, dentre outros como as propriedades da adição e da subtração.

As propriedades da adição são conhecidas como: fechamento, comutativa, associativa, elemento neutro.

A propriedade *fechamento* é explorada quando a soma de dois números naturais resulta em outro número natural (a + b = c, $onde: a,b,c \in N$). Esta propriedade é um dos invariantes mais simples mobilizados implicitamente.

A propriedade comutativa é explorada quando a soma dos números naturais não depende da ordem com que efetuamos a operação (a + b = b + a, $onde: a, b \in N$), ou seja, a ordem das parcelas não altera o resultado. A comutatividade aparece no uso da decomposição e também em problemas que envolvam a soma de medidas estáticas.

A propriedade *associativa* é explorada quando na adição de três ou mais parcelas de números naturais é possível associar as parcelas de forma distintas sem alterar o resultado (a + (b+c) = (a+c) + b, $onde: a, b, c \in N$). Uma aplicação desta propriedade é a decomposição de um número, muito usada em cálculos mentais e principalmente em situações cotidianas que não requerem o uso de algoritmo, uma vez que é possível considerar que um número é composto por partes e estas partes podem ser separadas.

O *elemento neutro* é o número natural que não altera o resultado, mesmo comutando a ordem das parcelas (a + 0 = 0 + a = a, $onde: a \in N$). Esta propriedade é largamente utilizada quando usamos, por exemplo, adição de dezenas a unidades. O mesmo não acontece na subtração que explora o "pedir emprestado", gerando muitas vezes um índice alto de erros pela ineficiência com esta habilidade.

Uma outra propriedade é o *elemento oposto* que consiste em qualquer número natural, que adicionado ao seu inverso resulte em zero (a + (- a) = (- a) + a = 0.

Para a subtração com números naturais, não possuímos as mesmas propriedades dada a limitação do conjunto, apenas podemos afirmar que se trata da operação inversa da adição, se uma das parcelas é igual a soma de duas menos a outra.

Na escola e mesmo em situações cotidianas todos esses invariantes são mobilizados, ainda que não de forma tão explícita e sim através de *teoremas-em-ação*.

Nunes *et al.* (2002) esclarece que o desenvolvimento do conceito de adição e subtração envolve três fases. Na primeira, a criança identifica o todo numa operação, mas não suas partes, ou seja, explora o conceito de juntar. Na segunda, a criança compreende a relação inversa de adição e subtração, é a fase do desenvolvimento do raciocínio aditivo, que envolve a ação de transformação. Na terceira, a criança começa a solidificar a construção do conceito operatório de adição e subtração, é o complemento das outras duas fases (juntar e retirar).

3.1 Categorização das estruturas aditivas

Os problemas aditivos, que envolvem em sua resolução uma adição e uma subtração, isoladamente ou em combinação, no conjunto dos números naturais e inteiros, foram classificados por Vergnaud (1991) em 6 categorias, apresentando:

- Composição de medidas: duas medidas são compostas para dar lugar à outra medida;
- Transformação aplicada a uma medida: uma transformação opera sobre uma medida, dando lugar à outra medida;
- Comparação de medidas: uma relação une duas medidas;
- Composição de duas transformações: duas transformações são compostas, dando lugar à outra transformação;
- Composição de relações: uma transformação opera sobre uma relação, dando lugar a outra relação;
- Transformação aplicada a uma relação: duas relações são compostas, dando lugar à outra relação;

Uma outra classificação é apresentada por Carpenter e Moser (1982) que fazem um recorte e exploram somente o conjunto dos números naturais e então distribuem os problemas aditivos em quatro categorias: combinação, comparação, mudança e igualização, que podem oferecer um total de 16 situações a partir de suas variações.

Segundo Borba e Santos (1997), a diferença entre essas duas classificações é que Vergnaud coloca numa só categoria os problemas que envolvem comparação e igualização e aplica sua categorização tanto a números naturais como números inteiros. Enquanto que Carpenter e Moser (1982) exploram somente a categorização para uso com números naturais.

A escolha das estruturas aditivas para este estudo se deve às dificuldades encontradas por alunos do ensino fundamental, uma vez que a competência para resolver problemas aditivos é desenvolvida num longo período de tempo e tem seu início na educação básica (Magina *et al.*, 2001).

A categorização apresentada por Carpenter e Moser (1982) se aplica à educação básica, uma vez que envolve somente o conjunto dos números naturais, que é também componente curricular destas séries.

A seguir apresentaremos cada uma dessas categorias acompanhada de um exemplo.

3.1.1 Categoria combinação

Esta categoria trata de situações-problema de composição de duas quantidades para formar um todo, ou seja, a junção de duas partes pode formar o todo ou a subtração de uma das partes do todo pode resultar numa das partes. As variações desta categoria podem ser observadas nas situações-problemas abaixo:

- <u>O todo é desconhecido</u>**:**

Exemplo: *Carlos tem 4 bolinhas de gude e Gustavo tem 9. Quantas bolinhas de gude eles têm ao todo?*

- <u>Uma parte desconhecida:</u>

Exemplo: *Ana e Leonardo colecionam figurinhas. Eles têm juntos 18 figurinhas. Leonardo tem 10. Quantos figurinhas Ana tem?*

3.1.2 Categoria comparação

Esta categoria envolve situações-problema que são classificadas como estáticas, pois não há alteração de medidas, apenas comparação entre as mesmas. As variações desta categoria podem ser observadas nas situações-problemas abaixo:

- Diferença desconhecida - termo a mais

Exemplo: *Mariana e Túlio encontraram conchinhas na praia. Mariana achou 22 conchinhas e Túlio achou 14. Quantas conchinhas Mariana achou a mais que Túlio?*

- Diferença desconhecida - termo a menos

Exemplo: *Rômulo tem 22 anos e seu irmão, Dênis, tem 14. Quantos anos Dênis tem a menos que Rômulo?*

- Quantidade menor desconhecida - termo a mais

Exemplo: *Vera comeu 22 brigadeiros; ela comeu 8 a mais que Maria. Quantos brigadeiros Maria comeu?*

- Quantidade menor desconhecida - termo a menos

Exemplo: *Paula e Igor criam coelhos. Paula tem 22 coelhinhos e Igor tem 8 a menos que Paula. Quantos coelhos Igor tem?*

- Quantidade maior desconhecida - termo a mais

Exemplo: *Nilda tem 14 livros e Cláudio tem 8 livros a mais que ela. Quantos livros Cláudio tem?*

- Quantidade maior desconhecida - termo a menos

Exemplo: *Ana Paula tem 14 canetas. Ela tem 8 canetas a menos que Maria, sua prima. Quantas canetas Maria tem?*

3.1.3 Categoria mudança

Esta categoria envolve situações-problema nas qual uma transformação é aplicada sobre uma medida inicial resultando numa nova medida. Ou seja, dada uma quantidade inicial ao sofrer uma ação direta ou indireta, gera um aumento ou diminuição no valor inicial. Como podemos observar, a idéia de tempo encontra-se implícita nesta categoria. As variações desta categoria podem ser observadas nas situações-problemas abaixo:

- Resultado desconhecido e situação de acréscimo

Exemplo: *Marília tinha 14 papéis de carta. Sua mãe lhe deu 8 papéis. Quantos papéis de carta Marília tem agora?*

- Resultado desconhecido e situação de decréscimo

Exemplo: *João tinha 22 bolas de gude. Jogando com seus colegas perdeu 14 bolas. Quantas bolas João tem agora?*

- Transformação desconhecida e situação de acréscimo

Exemplo: *Mamãe tinha 14 laranjas na fruteira. Foi à feira e comprou outras frutas. Agora a fruteira de mamãe tem 22 frutas.*

Quantas frutas ela comprou na feira?

- Transformação desconhecida e situação de decréscimo

Exemplo: *Janaína tinha 22 lápis de cores. Na escola ela deu alguns para suas amigas. Janaína agora tem 8 lápis. Quantos lápis ela deu?*

- Parte inicial desconhecida e situação de acréscimo

Exemplo: *Joana tinha algumas revistas. Seu tio Paulo chegou de viagem e trouxe-lhe de presente, para sua coleção, 8 revistas. Ela tem agora 22 revistas. Quantas Joana tinha antes?*

- Parte inicial desconhecida e situação de decréscimo

Exemplo: *Carla tinha algumas bonecas. Ela deu 8 para sua prima e ficou com 14 bonecas. Quantas bonecas Carla tinha antes?*

3.1.4 Categoria igualização

Esta categoria envolve a mesma espécie de ação encontrada nas situações-problema de mudança, mas existe, também, uma comparação envolvida. As duas variações desta categoria podem ser observadas nas situações-problemas abaixo:

- Acréscimo na quantidade menor

Exemplo: *Na casa de Adalberto existem 22 árvores e na de Roberto existem 14. Quantas árvores Roberto precisa plantar para ficar com a mesma quantidade de árvores que Adalberto?*

- Decréscimo na quantidade maior

Exemplo: *Na sala da 4ª série há 22 cadeiras e 14 mesas. Quantas cadeiras terei que tirar para ficar com a mesma quantidade de mesas e cadeiras, formando conjuntos de uma cadeira com uma mesa, na sala?*

O protótipo da interface que estamos propondo irá explorar esta categorização, considerando requisitos que serão elicitados com as técnicas descritas na metodologia de *design* centrado no usuário e respeitando a especificidades da surdez.

4 Metodologia de *design* centrado no usuário

A metodologia de *design* centrado no usuário foi escolhida para este estudo porque coloca os usuários em contato direto com o sistema a ser desenvolvido através de técnicas baseadas em fatores humanos (Azevedo, 2005). A aproximação e o envolvimento é que permitem que capacidades, necessidades, expectativas, metas e tarefas sejam coletadas (Hall, 2001). Ao incorporar a perspectiva do usuário no processo de desenvolvimento de *software* é possível obter um sistema que atenda mais diretamente as necessidades do usuário (Maguire, 2001).

Para Preece, Rogers e Sharp (2005), o *design* centrado no usuário implica saber muito sobre o usuário e suas tarefas para poder explorar estas informações. Assim é possível obter um melhor entendimento das necessidades e dos objetivos dos usuários, gerando um produto mais adequado e de maior utilidade, embora exija que sejam coletadas e interpretadas muitas informações a respeito do usuário.

Para uso desta metodologia, um dos requisitos é que seja identificado se o perfil do usuário, no nosso caso, usuários surdos, alunos de escola regular pública, que estejam freqüentando o ensino básico em salas inclusivas (ouvintes e surdos), com idade entre 9 e 18 anos.

Neste caso não se percebeu relevância em classificar o nível de surdez (leve, moderada ou severa), uma vez que esta classificação estaria reforçando ainda mais a deficiência numa visão terapêutica e a proposta pretende atender alunos surdos em ambientes inclusivos, reforçando a necessidade de interagir com a LIBRAS e a Língua Portuguesa na modalidade escrita.

Após identificarmos o perfil do usuário, definimos as técnicas que nos levariam a atender o objetivo deste estudo. Para um melhor entendimento apresentamos as ações que viabilizaram esta metodologia, que pode ser visualizada resumidamente na Figura 5.1:

- Inicialmente identificamos as necessidades de surdos quanto à aquisição de conhecimentos matemáticos através da revisão bibliográfica;
- Dando continuidade selecionamos cinco *software* disponíveis no mercado com foco nas estruturas aditivas para aplicarmos a técnica análise dos competidores com o objetivo de conhecer e reutilizar as melhores práticas de *software* similares;
- Após exploramos o uso desses mesmos *software* com 6 usuários surdos para identificar as necessidades de representações e relações entre conceitos na interface do *software* educativo;
- A seguir, desenvolvemos um primeiro protótipo que passou pela avaliação de um especialista em educação matemática e outra em LIBRAS e gerou uma nova versão do protótipo;
- A nova versão do protótipo passou por um teste piloto e resultaram em novas alterações no protótipo;

- Para avaliação final submetemos o protótipo ao teste final de usabilidade a um grupo de 5 usuários surdos, que passou por novas alterações;
- A última versão do protótipo é consolidada com as informações que surgiram no teste final de usabilidade.

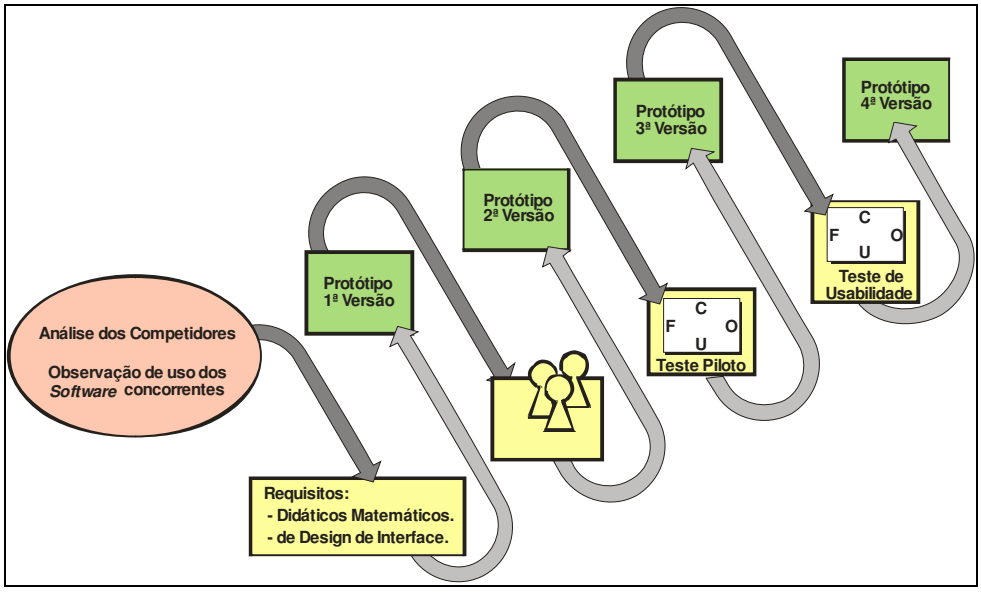


Figura 4.1 – Fluxo das técnicas usadas na metodologia

As técnicas usadas na metodologia serão descritas de forma mais detalhada nas seções a seguir.

4.1 Análise dos Competidores

A análise de competidores é uma técnica fundamentada na área de administração apresentada por Porter (1989), que procura identificar que mudanças estratégicas, na área de negócios, podem ser adotadas para que um produto possa se destacar entre seus concorrentes.

Para este autor, o uso dessa análise permite identificar características que podem fazer diferenças frente aos concorrentes, bem como práticas a serem adotadas para fortalecer o posicionamento frente a outros produtos.

Esta técnica é explorada em Engenharia de Usabilidade (Nielsen, 1993) para identificar problemas e funcionalidade nos concorrentes, oferecendo informações sobre características e necessidades que provavelmente não tenham sido consideradas, fornecendo valiosas informações sobre a forma como diferentes produtos satisfazem as necessidades dos usuários (Maguire, 2001).

Muito mais que gerar requisitos valiosos para nortear o desenvolvimento de um produto, evitam a implementação de sistemas com as mesmas carências (Nielsen, 1993), uma vez que as informações que emergem desta técnica contribuem para adquirir medidas mais precisas, usando como base eficiência e satisfação para o desenvolvimento do novo sistema (Maguire, 2001).

Neste estudo o uso desta técnica teve como objetivo conhecer *software* similares procedendo com o mapeamento de suas potenciais funcionalidades, falhas e carências para gerar requisitos que possam ser incorporados ao *design* da interface.

4.1.1 Seleção dos *software* concorrentes

Para seleção dos *software* concorrentes usados neste estudo, definimos algumas exigências que percebemos serem necessárias para atender o perfil dos usuários escolhidos para este estudo, que foram:

- Os *software* educativos deveriam contemplar conceitos de uma mesma escolaridade, ou seja, a 2ª série do Ensino Fundamental, que corresponde ao 3º ano do 1º ciclo;
- A linguagem da interação deveria ser preferencialmente a Língua Portuguesa, uma vez que a LIBRAS é considerada a primeira língua do surdo e a Língua Portuguesa a segunda;
- Todos os *software* deveriam contemplar o campo das estruturas aditivas com pelo menos uma forma de representação;
- Disponibilidade de ajuda com o objetivo de contribuir para superar dificuldades na resolução de atividades;
- Preferencialmente oferecer *feedback* com o objetivo de manter a confiança e conduzir à interação.

É interessante salientar que nenhum *software* encontrado no mercado atendia ao perfil dos usuários surdos, quanto a especificidade na comunicação – LIBRAS, visto que a maioria dos *software* educativos para esta escolaridade têm o recurso de áudio que conduz à interação do usuário.

Os competidores selecionados foram: Lousa (Mac System, 2006), 2 + 2 Math for Kids (Przedstawia, 2006), Arthur (Divertire, 2000), Coelho Sabido na Terra do Queijo (Divertire, 2006) e Passeio no Parque (Mac System, 2006).

4.1.2 Aspectos considerados na análise dos *software* concorrentes

Na literatura sobre avaliação de *software* educativo, novas metodologias vêm surgindo através de ferramentas e *checklist* que visam atingir aspectos voltados a problema específicos.

Este estudo tem seu problema voltado para o campo das estruturas aditivas, portanto os embasamentos para escolha dos aspectos usados para análise dos competidores surgiram das pesquisas de Gamez (1998), Gomes, Castro Filho, Gitirana, Spinillo, Alves e Ximenes (2002), Atayde (2003) e Braga (2006). A seguir, apresentamos uma breve descrição de cada um desses estudos.

A Técnica de Inspeção de Conformidade Ergonômica de *Software* Educacional (Gamez, 1998) é uma ferramenta que integra critérios ergonômicos de inspeção de usabilidade com critérios pedagógicos para avaliação de software educacional com o objetivo de proporcionar a avaliação e seleção de produtos de qualidade. TICESE é composta por um conjunto específico de critérios de análise organizados em três módulos: classificação, avaliação e avaliação contextual.

Um outra metodologia encontrada foi a proposta por Souza (2006) que consiste numa avaliação comparativa entre *software* educativo, que explora tanto aspectos relativos a funcionalidade do produto quanto aspectos pedagógicos/cognitivos, viabilizando uma seleção a partir de características funcionais semelhantes entre *software* a serem analisados. Essa metodologia permite que as métricas sejam definidas pelo próprio avaliador, além de ser baseada na Teoria dos Campos Conceituais com a utilização e formalização da técnica de Pontos de Casos de Uso. Através de uma pontuação permite a realização de uma seleção mais refinada, que considere aspectos que vão além da interface. Essa metodologia foi implementada numa Ferramenta de Avaliação Automática de *Software* Educativo – FASE, viabilizando que profissionais da área de educação façam avaliações, mesmo sem conhecimento técnico em avaliação de *software*.

Outra avaliação encontrada foi o MAEP, que consiste num método de avaliação ergopedagógico proposto em SILVA C. (2002), que explora aspectos pedagógicos e ergonômicos numa mesma ferramenta, com o objetivo de atender às exigências de um produto educacional informatizado quanto a concepção, avaliação e utilização. Na realidade, trata-se de um *checklist* para avaliação de um software, tentando conciliar as exigências do campo da ergonomia com a pedagogia.

MAQSEI é uma metodologia de avaliação de qualidade de *software* educacional infantil (Atayde, 2003) composta por um conjunto de heurísticas que funcionam como diretrizes fundamentadas em aspectos pedagógicos e técnicos voltados para qualidade de um *software*. Os aspectos pedagógicos são voltados para a relação de ensino/aprendizagem entre a criança e o *software*, e os aspectos técnicos envolvem a usabilidade do *software*.

Gomes *et al.* (2002) apresenta uma outra metodologia alternativa para avaliar a adequação e qualidade do *software* educativo baseado na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Esta proposta inclui duas fases: a análise *a priori* das interfaces, composta por uma tabela que mensura os graus de clareza, de qualidade educacional da documentação e outros; e a análise da aprendizagem dos alunos, composta por observações do uso do *software*.

O estudo de Braga (2006) apresenta requisitos para o design de *software* educacional baseado na Teoria dos Campos Conceituais com proposta de evidenciar a necessidade de avaliações centradas na aprendizagem contextualizada e no uso de *scaffolding*. Esta proposta procura identificar apenas o que deve ser realizado durante o desenvolvimento da aplicação educativa, dando liberdade para o desenvolvedor escolher métodos e ferramentas de sua preferência.

Embora consideremos relevante apresentar o FASE (2006) e o MAEP (2002), somente exploramos a TICESE (1998). Uma vez que a FASE (2006) explorava uma avaliação comparativo entre *software* e o MAEP (2002) ser voltado para avaliações mais generalizados. Embora os demais também apresentassem propostas interessantes para avaliação preferimos optar por uma técnica onde poderíamos flexionar nossa avaliação ao contexto explorado nesse estudo.

Neste sentido, percebemos que alguns aspectos como: integralidade com a proposta pedagógica, *feedback* e adaptabilidade são explorados na avaliação de todos os

autores mencionados (Gamez, 1998; Gomes *et al.* 2002; Atayde, 2003; Braga, 2006). Enquanto controle das ações, uso de recursos motivacionais, gestão de erros, opções de ajuda e avaliação da aprendizagem, que consideramos como avaliação do desempenho, aparecem muito claro nos estudos de Gamez (1998), Atayde (2003), Braga (2006). E também o critério legibilidade é destacado por Gamez (1998), Atayde (2003) e Gomes *et al.* (2002).

Assim, com base nestes estudos, consideramos relevante analisarmos os *software* concorrentes selecionados sob os seguintes aspectos: avaliação do desempenho, amenidade de uso, interação, adaptabilidade, clareza, recursos motivacionais, conteúdos, gestão de erros.

A **avaliação do desempenho** referia-se aos recursos disponíveis nos *software* concorrentes para verificar a aprendizagem de conteúdos. Esses recursos geralmente compreendem uma variedade de atividades relacionada ao conteúdo explorado, que permitem acompanhar o desenvolvimento do aluno, através de pontuações, níveis de dificuldades, *feedback* positivo, entre outros, gerando relatórios ou outras formas de análise. Segundo Atayde (2003), o acesso ao registro e a consulta feitas pelos usuários permite que pais e professores acompanhem o desempenho e a evolução da aprendizagem.

O aspecto **amenidade de uso** considerado referia-se aos tipos de apoio fornecido através de recursos multimídia[7] e *feedback* oferecidos pelos *software* concorrentes para auxiliar na compreensão dos conteúdos. Esse apoio deve contribuir para auxiliar no processo de aquisição de conhecimentos através de situações estimulantes que mantenham sua atenção ao longo da interação (Gamez, 1998; Atayde, 2003).

A **interação** é um aspecto que visava identificar a condução por parte do usuário durante a manipulação do *software*, facilitando o aprendizado e sua exploração. Os meios disponibilizados geralmente consistem em: mensagens, alarmes, contraste de cores, ícones representativos, entre outros, e todos com o objetivo de aconselhar, orientar, informar e conduzir, garantindo melhores resultados quanto à rapidez e à eficácia ao comando do usuário.

A **adaptabilidade** referia-se as condições e adequação dos *software* concorrentes às necessidades e preferências de diferentes perfis de usuários, considerando heurísticas de flexibilidade e nível de experiência com o software. Este aspecto está relacionado à possibilidade de troca de níveis através de acesso direto ao nível que o usuário achar relevante e à complexidade como as tarefas são distribuídas para compor os níveis. A variedade de formas, procedimentos e comandos de apresentar uma tarefa proporcionam um maior número de escolhas para executar as atividades nos *software* educativos (Gamez, 1998; Braga, 2006).

O aspecto **clareza** visava identificar nos *software* concorrentes boas práticas quanto à apresentação de informações que levassem a uma interação autônoma e independente por parte do usuário. Alguns recursos como: linguagem apropriada e familiar, palavras e conceitos contextualizados ao conteúdo explorado, ícones

[7] Como recurso multimídia compreende-se o uso de imagens e animações, além de contraste de cores.

representativos entre outros, facilitam a compreensão e a assimilação dos conteúdos por parte dos usuários (Gamez, 1998).

Os **recursos motivacionais** referiam-se à forma usada nos *software* concorrentes para despertar e manter a atenção do usuário, sem se tornarem cansativos ou dispersivos. Um outro ponto foi o uso de metáfora de material concreto, uma vez que todos os concorrentes envolviam atividades no campo das estruturas aditivas, percebeu-se a necessidade de verificar como os recursos eram explorados neste sentido. Segundo Braga (2006), o uso de recursos motivacionais permite ao usuário experiências agradáveis durante o uso, contribuindo, também para manter a atenção ao proposto na interface.

O aspecto **conteúdo** referia-se à apresentação e exploração do campo aditivo quanto as representação usadas: algoritmo, sentença, situação-problema, bem como conceitos, procedimentos e propriedades, ou seja, fidelidade e coerência na apresentação do conteúdo proposto.

A **gestão de erros** foi usada para identificar de que forma os *software* concorrentes tratavam os erros no sentido de contribuir para a compreensão do conteúdo explorado.

Para analisar estes aspectos nos *software* concorrentes, usamos duas abordagens, uma quantitativa e qualitativa.

Na análise quantitativa nos embasamos no *checklist* (Anexo I) sugerido pela TICESE (Gamez, 1998). Cada alternativa desta técnica estava organizada seguindo a três níveis de satisfação:

- Sim – para indicar que atende satisfatoriamente à exigência;
- Parcialmente – para indicar que não atende à exigência correspondente;
- Não – para indicar que não atende a exigência

Às questões com respostas negativas foi atribuído peso zero, às questões com respostas afirmativas foi atribuído o peso 1 (um) e àquelas que atenderam parcialmente o nível de exigência foi atribuído o peso 0.5 (meio), conforme sugerido pela TICESE (Gamez, 1998). Desses valores foram calculadas as médias de cada critério através da equação da TICESE:

$$X(j) = \sum_{(i=1)}^{q(j)} \frac{\sum a(i) * p(i)}{\sum p(i) q(j)} * 100$$

Onde:
j = *critério*
q_j = *número de questões por critérios*
$a(i)$ = *valor da questão*
$p(i)$ = *peso do atributo da questão*

E caso um critério apresentasse sub-critérios o resultado isolado é calculado através de outra equação do TICESE:

$$Y = \frac{X(mr) + X(i)}{2}$$

Onde:
$X(\mathrm{mr})$ é o resultado da média do menor sub - critério
$X(\mathrm{i})$ é o resultado da média dos sub - critérios

Os resultados deste *checklist* serão apresentados na forma gráfica comparativa para dar maior visibilidade à análise dos aspectos considerados.

4.1.3 Descrição e análise dos concorrentes selecionados

A análise dos *software* concorrentes permitiu que boas práticas pudessem ser pesquisadas e incorporadas ao protótipo de baixa fidelidade, bem como, oportunizou surgimento de novas idéias para o design da interface.

Os *software* selecionados para análise foram: Lousa (Mac System, 2006), 2 + 2 Math for Kids (Przedstawia, 2006), Arthur (Divertire, 2000), Coelho Sabido na Terra do Queijo (Divertire, 2006) e Passeio no Parque (Mac System, 2006).

A seguir apresentamos uma descrição de cada interface para dar visibilidade do tipo de *software* a que nos propomos a analisar e uma breve contextualização das avaliações individuais, seguida de resultados da análise qualitativa e quantitativa, bem como dos requisitos encontrados.

4.1.3.1 Concorrente selecionado: Lousa

Este *software* foi desenvolvido pela empresa nacional Mac System e faz parte de um pacote de atividades educacionais oferecidas pelo *software* Conhecendo as Operações Matemáticas, direcionado ao público infantil com faixa etária entre 7 e 9 anos.

A versão aqui apresentada do *software* Lousa trata-se de um demonstrativo, assim muitas das atividades disponibilizadas pelo *software* apresentaram algumas limitações, mas que não repercutiram no teor da análise e do uso.

Ao executar a atividade Lousa surge uma sentença matemática para o usuário apresentar a resposta via teclado numérico oferecido na tela do *software*. Uma vez informada a solução, o usuário deverá pressionar o botão OK, para sua resposta ser validada.

O *feedback* oferecido ao usuário é representado por dois ônibus, um na cor azul e outro na cor rosa, que apresentam uma linha numerada de 0 a 10; a cada acerto ou erro começa a surgir na lateral do ônibus uma linha na cor azul para o acerto e na cor rosa para o erro. Caso o usuário persista no erro, o *software* continua a solicitar a resposta correta até que complete o total de pontos da linha do ônibus rosa, e então retorna à fase inicial da atividade, não sendo possível avançar de nível.

O botão *Ajuda* somente disponibiliza para o usuário a transformação da sentença em algoritmo e pode ser desativado através do menu *Opções*. Também pode ser encontrada no menu Opções a configuração dos tipos de operações a serem trabalhadas (adição, subtração, multiplicação e/ou divisão) e a quantidade de algarismos da primeira e da segunda sentença. A interface do Lousa, bem como a interface da Ajuda pode ser observadas a seguir (Figura 4.1).

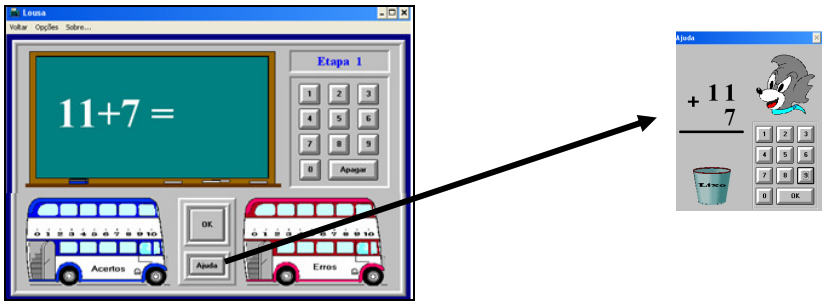


Figura 4.2 – Tela Principal do Lousa

Outra funcionalidade do Lousa é emissão de relatórios do desempenho individual do usuário com o tipo de acerto, número de acertos e erros por atividade (Figura 4.3).

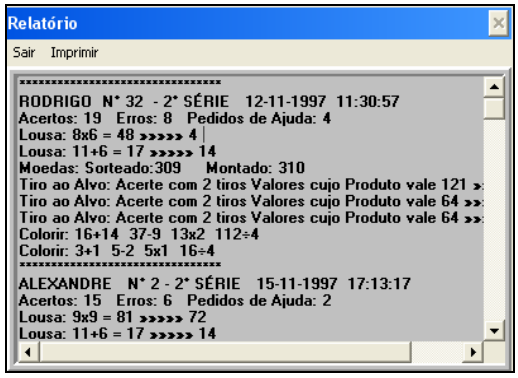


Figura 4.3 – Tela do Relatório do Lousa

Este *software* apresenta duas formas de representação das situações-problema, o algoritmo e a sentença.

Durante a manipulação do *software*, nenhum *feedback* ao usuário é disponibilizado, com exceção da apresentação quantitativa de acertos e erros, em contrapartida oferece um relatório ao professor do desempenho do usuário: identificação do nome, série, data e hora de acesso, quantidade de acertos, erros e pedidos de ajuda e especificação do erro.

4.1.3.2 Concorrente selecionado: 2 + 2 - Math for Kids

O *software* 2+2 - Math for Kids, desenvolvido pela Przedstawia, é um *software* no qual o usuário pode escolher entre contar, adicionar, subtrair, multiplicar ou dividir. E para cada uma destas opções é possível ainda escolher entre: resolver a sentença através das peças do jogo dominó, somente resolver a sentença, identificar o sinal entre os termos da sentença, encontrar as sentenças que correspondem a um resultado, adicionar e subtrair ou multiplicar e dividir sentenças, adicionar e subtrair ou multiplicar e dividir sentenças através das peças do jogo dominó (Figura 4.4).

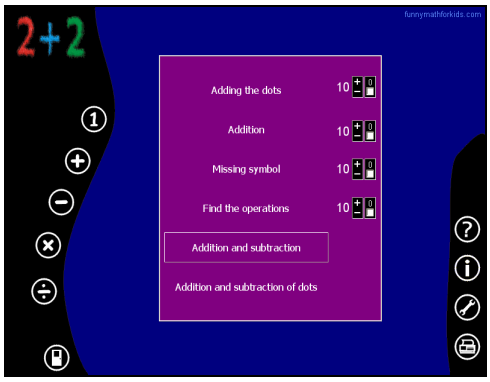


Figura 4.4 – Tela principal do 2+2 - Math for Kids

O módulo que nos propomos a analisar é o *Addition and Subtraction* que apresenta mensagens que aparecem na forma escrita e sonora (língua inglesa) e conforme o de tipo alerta muda de cor, prendendo a atenção do usuário. Se o usuário apresentar dificuldade para encontrar a resposta correta, uma mensagem de estímulo aparece e figuras ilustrativas representam a operação. Se o erro ainda persistir, a mesma mensagem é repetida.

O *feedback* apresentado na forma de mensagens é composto também pelo desenho da trajetória da figura de um animal que se movimenta da esquerda para a direita. Ao chegar ao final da trajetória mostra uma tela com os pontos conquistados e retorna para a tela principal. A interface da atividade pode ser vista a seguir (Figura 4.5)

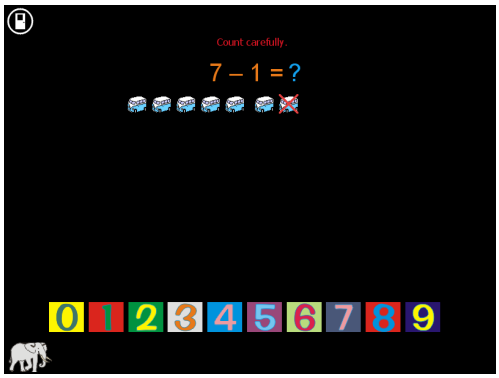


Figura 4.5 – Tela de atividade do 2 + 2 - Math for Kids

Mesmo este *software* apresentando metáfora de material concreto através de objetos quando o usuário apresenta resultado incorreto, não é possível qualquer outro tipo de agrupamento.

4.1.3.3 Concorrente selecionado: Arthur

O *software* Arthur – 2ª série é um *software* nacional da Divertire, para crianças entre 6 e 9 anos. Inspirado num desenho da televisão, ele apresenta um tutor principal interativo na figura de um coelho que se comunica de forma sonora e que interage com o usuário orientando sobre os tipos de atividades que compõem o *software*, uso da aplicação e *feedback* sobre as ações realizadas.

O uso do *software* inicia através da identificação do usuário (Figura 4.6). Dando continuidade, Arthur apresenta os demais personagens e suas respectivas atividades. A

seleção das atividades se dá através da escolha do nome do personagem que o usuário deseja ajudar para realizar suas tarefas (Figura 4.7). A ênfase neste estudo será a atividade chamada *As Contas da D.W.*

Figura 4.6 – Tela de identificação do Arthur

Figura 4.7 – Tela de atividades do Arthur

A personagem *D. W.* solicita ajuda para resolver algumas tarefas de adição e subtração e juntamente com Arthur fornece instruções de como proceder e realizar a atividade. Caso o usuário consiga acertar o algoritmo apresentado será parabenizado e um novo algoritmo será apresentado até que esta fase termine. Caso o erro persista, os personagens emitem um alerta e solicitam que a operação seja repetida. As mensagens fornecidas pelo usuário são isentas de carga negativa.

Este *software* apresentam o algoritmo na modalidade com e sem reserva e a cada resposta correta o *software* apresenta um novo algoritmo (Figura 4.8).

Figura 4.8 – Tela principal das Contas de D.W.

As *Contas de D.W.* apresenta 3 (três) níveis de dificuldades, que aumentam sua complexidade progressivamente e são independentes, permitindo que o usuário avance de forma gradual ou escolha aquele em que deseja jogar. Todas as informações decorrentes do desempenho do usuário estão disponíveis através de dois tipos de relatório. O primeiro tem um a apresentação mais voltado ao público infantil (colorido, com figuras), como se pode observar na Figura 4.9. O outro tipo de relatório apresenta dados na forma mais quantitativa (Figura 4.10).

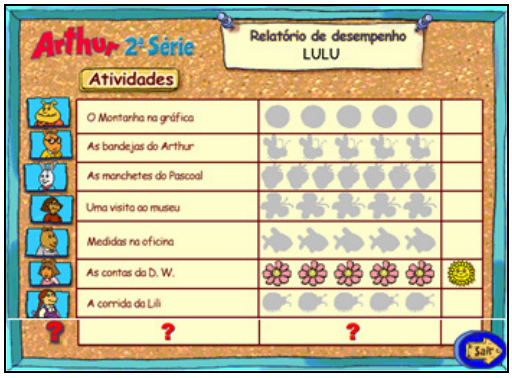


Figura 4.9 - Tela de relatório do usuário

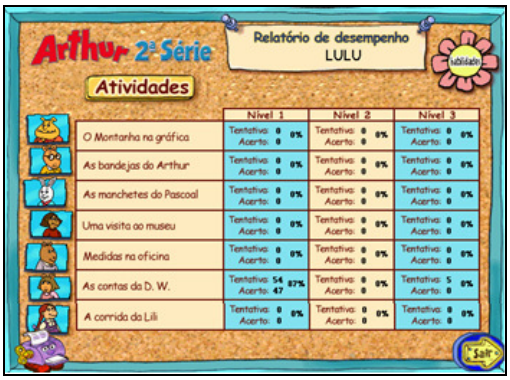


Figura 4.10 – Tela de relatório do professor

Embora este *software* ofereça manipulação de algoritmos com e sem reserva. Esta última forma pode possibilitar uma compreensão mais clara do sistema de numeração no que se refere à composição decimal.

O fato da personagem *D. W.* jogar os doces na mesa e logo a seguir apresentar o algoritmo a ser resolvido pode confundir o usuário, uma vez que parece estar subentendido que os termos correspondem ao número de doces que estão em cima da mesa.

Outro aspecto é que ao informar a resposta correta uma nova sentença não aparece imediatamente na tela, primeiramente some o resultado da conta anterior para depois desaparecer o algoritmo e só então a nova tarefa é visualizada.

4.1.3.4 Concorrente selecionado: Coelho Sabido na Terra do Queijo

O Coelho Sabido na Terra do Queijo foi desenvolvido pela empresa nacional Divertire, direcionado ao público infantil com faixa etária entre 6 a 9 anos.

Este demonstrativo apresenta uma aventura em que os personagens Coelho Sabido e Leão Leonardo pretendem resgatar o Barco dos Sonhos no alto de uma montanha de queijo grudenta. O topo da montanha só pode ser alcançado por meio dos degraus que, para serem construídos, é preciso resolver ou dispor os termos dos algoritmos de adição e subtração na forma correta. Se o usuário conseguir encontrar somente algumas respostas, estas permanecem e os demais blocos são desfeitos permitindo uma nova construção e revisão da ação.

Os personagens a todo momento fornecem *feedback* sonoro; se a organização dos blocos ficar incorreta por mais de três vezes, novos blocos surgem com um grau menor de complexidade. Este *software* explora operações inversas. A interface do Coelho Sabido na Terra do Queijo é apresentada a seguir (Figura 4.11).

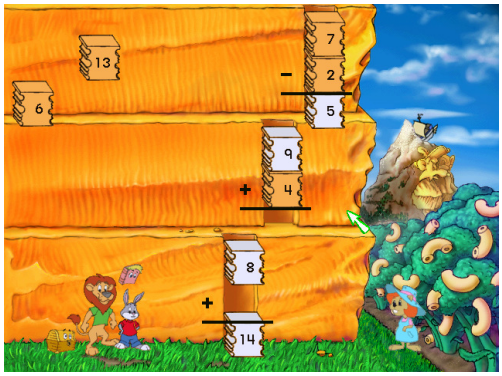


Figura 4.11 – Tela principal do Coelho Sabido

Embora este *software* trabalhe com as operações inversas, que, segundo Piaget (*apud* Nunes *et. al*, 2002), se faz necessárias para a criança construir o conceito operatório de adição e subtração, a limitação à resolução de algoritmos, continua restringindo o uso de estratégias mais avançadas de resolução.

Também é possível verificar que não existe presença de nenhum material de apoio ou dica que possa contribuir com a resolução, apenas mensagens informando que o resultado das atividades solicitadas continua inadequado.

4.1.3.5 Concorrente selecionado: Passeio no Parque

O Passeio no Parque é um demonstrativo oferecido pelo Resolvendo Problemas, desenvolvido pela empresa nacional Mac System, para o público infantil com idade entre 7 e 10 anos.

O *software* simula o ambiente de um piquenique num parque onde problemas são apresentados para resolução. Para informar o resultado, o usuário pode dispor da resposta final ou da sentença matemática seguida do resultado, permitindo o uso tanto do teclado numérico do *software* quanto do teclado do computador. A resposta só será confirmada através do botão *OK*. O usuário ainda conta com a funcionalidade do botão *Apagar*.

Uma forma de ajuda é o auxílio através manipulação de objetos, sendo possível organizar agrupamentos para encontrar a resposta. Para usar este recurso basta clicar e arrastar até a toalha do piquenique; caso seja necessário marcar um objeto, basta arrastar

o "X" até o objeto; para eliminar basta devolvê-lo ao local de onde foi retirado ou colocá-lo na lixeira.

A única interação com o usuário é através do acúmulo de acertos e erros, através de seis fases com seis rodadas cada uma. Caso o usuário persista no erro, a fase é novamente repetida. A interface do Passeio no Parque é apresentada a seguir (Figura 4.12).

Figura 4.12 – Tela principal do Passeio no Parque

Outras funcionalidades oferecidas são: a criação de novas situações problemas, ajuste de valores, a configuração de até seis fases seguidas, escolha da quantidade de problemas por fase e ainda a quantidade de agrupamentos desejados (Figura 4.13). E a emissão de relatórios do desempenho individual com o tipo e o número de acertos e erros por atividade (Figura 4.14).

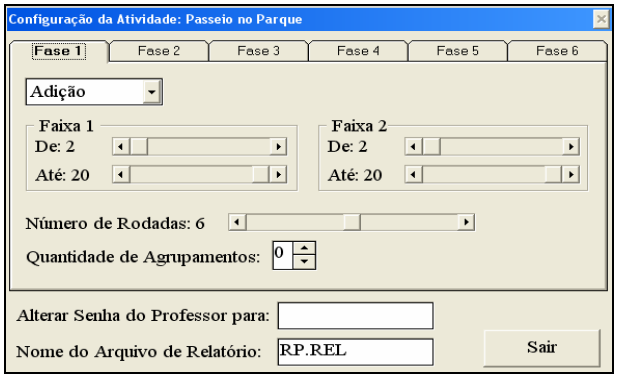


Figura 4.13 – Tela de configuração de atividades

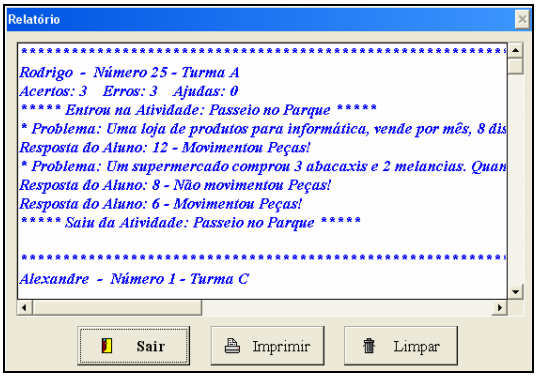


Figura 4.14 – Tela de relatório do professor

Este *software* é o único que apresenta as estruturas aditivas na forma de um enunciado. Também permite a manipulação de material para facilitar o cálculo, embora quando usado com quantidades maiores que uma dezena torne-se cansativo, uma vez que é preciso clicar e arrastar.

Uma outra funcionalidade é a possibilidade de configuração de atividades pelo professor, que, agregadas ao relatório individual do aluno, podem construir uma poderosa ferramenta de acompanhamento e desenvolvimento do aluno.

4.1.3.6 Comentários gerais da análise quantitativa dos *software* concorrentes

A descrição dos *software* enriqueceu a análise quantitativa, uma vez que era necessário ficar atento a todas as funcionalidades do *software*.

A análise quantitativa teve como base a TICESE (Gamez, 1998), no qual aspectos previamente definidos foram organizados num *checklist* (Anexo I) seguindo três níveis de satisfação:

- Sim – para indicar que atende satisfatoriamente à exigência;
- Parcialmente – para indicar que não atende à exigência correspondente;
- Não – para indicar que não atende a exigência

No Quadro 4.1 é possível verificar o grau de conformidade de cada *software* de acordo com os aspectos pré-estabelecidos: avaliação do desempenho, amenidade de uso, interação, adaptabilidade, clareza, recursos motivacionais, conteúdo, gestão de erros.

Para este estudo consideramos satisfatório os *software* concorrentes que apresentaram um valor igual ou superior a 50% no *checklist*.

Quadro 4.1 – Tabela da análise quantitativa dos *software* concorrentes

Critério	% Lousa	% 2 + 2 Math for Kids	% Arthur	% Coelho	% Passeio no Parque
Avaliação do desempenho	100,0%	50,0%	100,0%	0,0%	100,0%
Amenidade de Uso	0,0%	50,0%	100,0%	0,0%	0,0%
Interação	10,0%	90,0%	60,0%	60,0%	20,0%
Adaptabilidade	66,7%	33,3%	66,7%	33,3%	66,7%
Clareza	0,0%	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%
Recursos Motivacionais	0,0%	50,0%	66,7%	0,0%	33,3%
Conteúdo	75,0%	100,0%	25,0%	25,0%	50,0%
Gestão de Erros	0,0%	100,0%	25,0%	0,0%	0,0%

O aspecto avaliação do desempenho procurava identificar recursos disponíveis para acompanhamento da evolução da aprendizagem dos usuários. Conforme os dados da Figura 4.15 os concorrentes que apresentaram boas práticas foram Lousa, 2 + 2 Math for Kids, Arthur e Passeio no Parque.

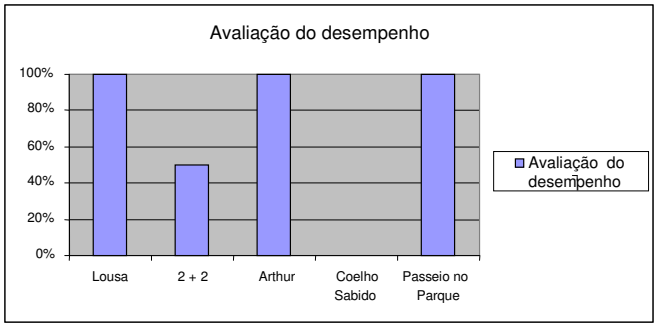


Figura 4.15 – Gráfico comparativo da avaliação do desempenho entre os concorrentes

Quanto à amenidade de uso, procuramos identificar nos *software* concorrentes apoio fornecidos através de recursos motivacionais para auxiliar na compreensão dos conteúdos. Os dados da Figura 4.16 apresentam os concorrentes que demonstraram explorar esses recursos: 2 + 2 Math for Kids e Arthur.

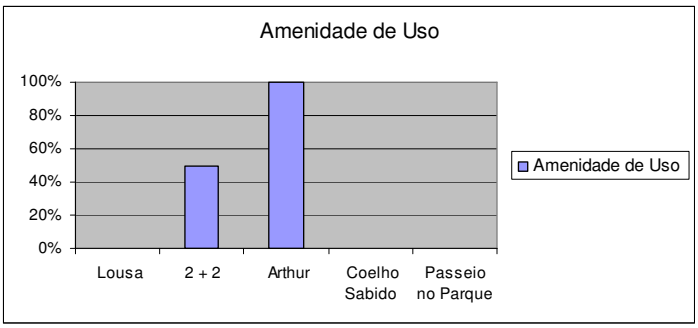


Figura 4.16 – Gráfico comparativo da amenidade de uso entre os concorrentes

O aspecto interação foi considerado no sentido de conduzir o usuário durante a manipulação do *software*, estimulando o aprendizado e permitindo explorar o *software* com autonomia, ou seja, sem ajuda de tutor. Os concorrentes que apresentaram boas práticas foram 2 + 2 Math for Kids, Arthur e Coelho Sabido. Seus desempenhos podem ser observados na Figura 4.17.

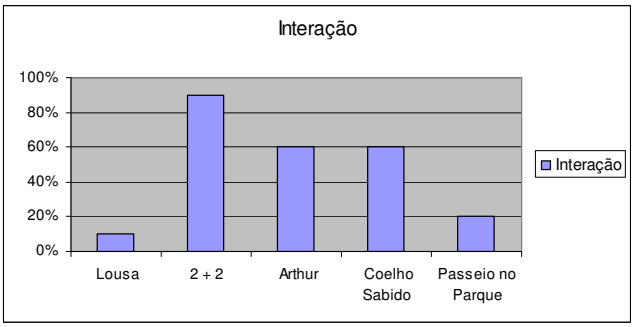


Figura 4.17 – Gráfico comparativo da interação entre os concorrentes

A adaptabilidade foi considerada no sentido dos concorrentes se adaptarem aos diferentes níveis de conhecimento dos usuários, bem como aos níveis de experiência dos usuários. Na Figura 4.18 podemos observar que os concorrentes: Lousa, Arthur e Passeio no Parque, apresentaram boas práticas.

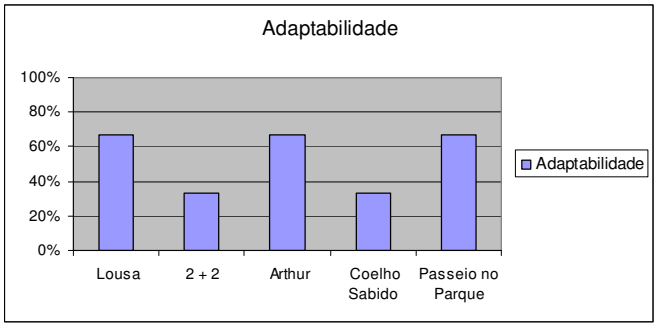


Figura 4.18 – Gráfico comparativo da adaptabilidade entre os concorrentes

O aspecto clareza foi explorado no sentido de uma boa apresentação das informações referentes ao uso do *software*. A Figura 4.19 apresenta os concorrentes que apresentaram boas práticas: 2 + 2 Math for Kids e Arthur.

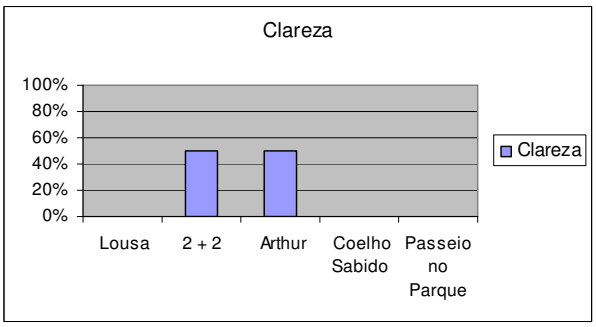


Figura 4.19 – Gráfico comparativo da clareza entre os concorrentes

O aspecto recursos motivacionais pretendia verificar que concorrentes apresentavam boas práticas quanto ao despertar e manter a atenção do usuário, sem se tornar cansativo. Também procuramos identificar em quais produtos o uso de metáfora de material concreto era relevante. Conforme os dados da Figura 4.20, os competidores que apresentaram boas práticas foram 2 + 2 Math for Kids e Arthur.

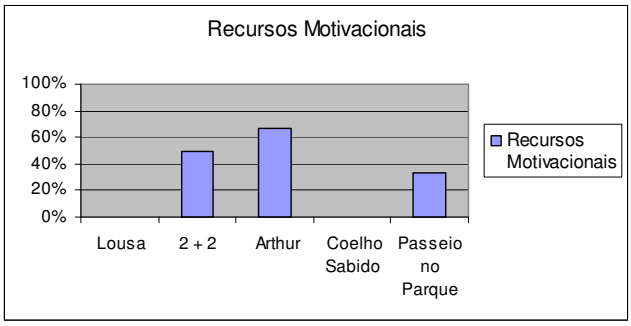


Figura 4.20 – Gráfico comparativo dos recursos motivacionais dos concorrentes

O aspecto conteúdo a que nos detivemos nesta avaliação tinha enfoque no campo das estruturas aditivas quanto a sua representação, seus conceitos, procedimentos e propriedades. Conforme os dados da Figura 4.21, os competidores que apresentaram boas práticas foram Lousa, 2 + 2 Math for Kids e Passeio no Parque.

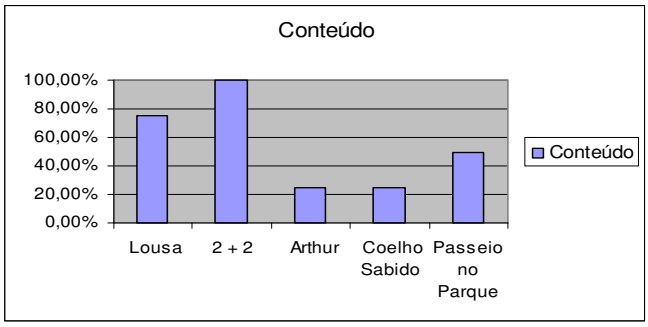


Figura 4.21 – Gráfico comparativo dos conteúdos dos concorrentes

O aspecto gestão de erros foi necessário para identificar de que forma os concorrentes tratavam os erros no sentido de contribuir para a compreensão do conteúdo explorado. Na Figura 4.22 podemos observar que somente 2 + 2 Math for Kids apresentou destaque neste sentido.

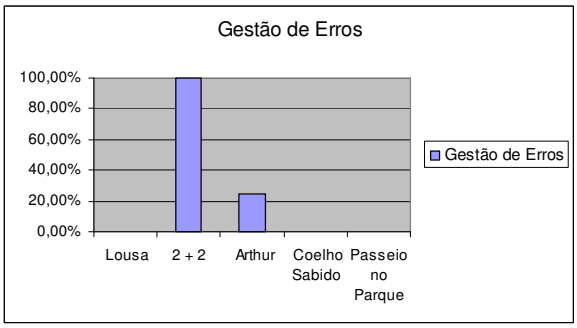


Figura 4.22 – Gráfico comparativo da gestão de erros entre os concorrentes

Essa análise quantitativa serviu para uma comparação mais concisa dos dados, através da visualização gráfica. Alguns itens específicos que contemplavam alguns *software* não surgiram nesta análise, uma vez que, com esta proposta, somente os pontos focais foram evidenciados, por isso complementamos com outra forma de análise.

4.1.3.7 Comentários gerais da análise qualitativa dos *software* concorrentes

Através da análise dos competidores conseguimos perceber que muitos *software* concorrentes que obtiveram um grau de satisfatoriedade abaixo do considerado na análise quantitativa ainda assim apresentaram boas práticas.

Embora a análise quantitativa tenha sido usada para explorar as práticas dos concorrentes, sua complementaridade surgiu com a análise quanlitativa, que enriqueceu e certificou os requisitos que serão apresentados. Abaixo segue breve comentário de cada aspecto que se percebeu relevante aprofundar.

Emissão de relatórios

Uma boa prática quanto a este critério foi encontrada em Arthur que apresenta dois tipos de relatório. No primeiro consta o número de tentativas, a quantidade de acertos e o percentual atingido, esses dados são oferecidos por níveis e estão disponíveis a todo o momento, a restrição é que o acesso se dá somente pelo usuário e os dados

estão dispostos de forma um tanto técnica, que pode inviabilizar a compreensão por parte do usuário em virtude da faixa etária. O segundo tipo de relatório já é mais voltado ao público infantil por se tratar de uma tabela composta de contorno de figuras que vão sendo preenchidas de acordo com o desempenho do usuário, sendo o resultado final um sol. Ambos os modos só estão disponíveis ao usuário que esta logado.

Outros dois *software*, Lousa e Passeio no Parque, disponibilizam um relatório de desempenho composto com: nome do usuário, a série, a idade, a atividade, o tipo e a quantidade de erros, o número de acertos, uso de material concreto, ajuda. Essa especificidade de informações torna-se um excelente instrumento para o professor, mas a forma como é apresentada pode dificultar ou mesmo desestimular o usuário quanto ao acesso, porque não possui uma linguagem compatível com a faixa etária do usuário.

Amenidade de uso

O público infantil como sabemos é mais exigente em relação à interação, um motivo pode ser a disseminação de *games* que se aproximam muito da realidade e interagem de forma efetiva com o usuário, por isso, um dos desafios dos concorrentes parece ser, ainda, despertar o interesse e manter a atenção. Atendendo a esta necessidade encontramos somente 2 + 2 Math for Kids e Arthur, que apresentaram interação com o usuário de forma criativa e estimulante, permitindo um *feedback* imediato.

No caso de 2 + 2 Math for Kids, a cada ação do usuário surge uma mensagem na forma escrita no centro superior da tela com a uma cor de fonte distinta para cada tipo de estímulo, alertando e prendendo a atenção do usuário. Enquanto Arthur apresentou sua interação na forma sonora, embora muito clara e objetiva, o que infelizmente no caso do usuário surdo deixou a desejar.

Disponibilidade de recursos de ajuda

O uso de recursos para ajuda na resolução, como objetos para manipulação, só apareceu no Passeio no Parque. Ainda assim, a metáfora para uso não se apresentou clara para o usuário, visto que as explicações de manuseio só aparecem no primeiro acesso do usuário ao *software.* O uso desta funcionalidade consiste em arrastar-e-soltar os objetos até uma toalha de piquenique. Um aspecto negativo é que ao trabalhar com valores acima de uma dezena essa funcionalidade torna-se cansativa.

A atividade Contas de D.W. apresentada por Arthur apresenta a personagem jogando balas/doces na mesa como metáfora para apresentar os termos da sentença. Acontece que a quantidade de doces que estão em cima da mesa não corresponde aos valores que a atividade solicita, ficando confusa a ação e a representação.

Outro produto é o 2 + 2 Math for Kids, que apresenta o uso de material concreto condicionado a resposta incorreta, ou seja, ao erro do usuário. Ao informar a resposta incorreta, o *software* sugere ao usuário à resposta correta através da apresentação de figuras. Esta funcionalidade é apresentada obrigatoriamente, não permitindo ao usuário autonomia, embora este tipo de ajuda pareça bem interessante por explorar um outro tipo de representação.

A exploração da ajuda através de formas variadas de apresentar um conteúdo é imprescindível para educação de surdos. Kelly *et al.* (2003b) coloca que os surdos devem receber a instrução e a prática com uma variedade de estratégias de representação dos problemas, tanto na forma escrita como gráfica, proporcionando um incentivo para o uso diversificado de estratégias para resolução.

Variadas formas de representação das estruturas aditivas

A presença de variadas formas de representação das estruturas aditivas não foi apresentada de forma satisfatória em nenhum *software*. Embora seja interessante salientar que Arthur enfatiza a resolução de operações com e sem reserva e Lousa apresenta através da ajuda o uso do algoritmo.

O 2 + 2 Math for Kids apresenta um outro tipo de representação, que é a disposição de figuras quando o usuário persiste no erro, mas não permite a manipulação desses objetos. E Passeio no Parque, embora apresente a situação-problema na forma escrita, não disponibiliza nenhum outro tipo de representação, como o Coelho Sabido que apresenta somente na forma de algoritmo, contudo disponibiliza o uso de operações inversas.

Níveis de dificuldade

Somente Arthur permite ao usuário escolher o nível, sugerindo inclusive mudança quando o usuário apresenta um bom desempenho num nível com menor complexidade. Enquanto o 2 + 2 Math for Kids só permite a troca de nível se o usuário conseguir pontos suficientes para avançar, esse procedimento mostra que não existe respeito à experiência e à habilidade já adquirida pelo usuário.

Tanto Lousa quanto Passeio no Parque após o usuário completar uma rodada é orientado a continuar resolvendo as mesmas atividades. Embora estes *software* permitam que suas atividades sejam configuradas, no primeiro é possível configurar o número de rodadas e no segundo é possível configurar toda a tarefa, inclusive adicionar outros tipos de situações-problemas.

Interação

Embora 2 + 2 Math for Kids e Arthur apresentassem uma boa interação sem presença de instrutor, ainda assim, precisariam se adequar ao usuário surdo, uma vez que o uso de qualquer interação sonora torna-se inviável.

De acordo com o grupo GUIA[8] todas as informações em áudio devem fornecer descrição textual e facilitar a interrupção da legenda de sons automáticos ou repetitivos; os objetos executáveis devem fornecer legendas e descrição sobre o seu funcionamento e fornecer alternativas, se o objeto não for acessível; nas informações dinâmicas, permitir interrupção ou parar objetos e páginas de atualização automática, movimentos ou efeitos de piscar; permitir que a cor do texto, dos avatares e fundos possam ser alterados; permitir que a disposição da informação possa ser reestruturada; garantir que as ligações textuais sejam palavras compreensíveis do contexto.

[8] GUIA – Grupo Português pelas Iniciativas de acessibilidade e da UTAD – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

4.1.4 Contextualização da análise dos concorrentes

A técnica análise dos competidores aplicadas em *software* concorrentes permitiu levantarmos algumas hipóteses quanto aos produtos encontrados no mercado a respeito de suas funcionalidades e propostas educacionais, embora o ponto mais sensível seja a interação, uma vez que os surdos possuem como primeira língua a LIBRAS.

Primeiramente poderíamos destacar que, embora a inclusão seja uma prática conhecida e respeitada pela sociedade, o mesmo não se pode afirmar quanto ao desenvolvimento de *software* educacionais, com ênfase no campo aditivo, uma vez que não foi possível encontrar produtos que atendessem especificidades da surdez.

|Os concorrentes analisados Lousa, Arthur, 2 + 2 Math for Kids, Coelho Sabido e Passeio no Parque não apresentam interação que atendessem a necessidade deste perfil de usuário. Tanto Lousa quanto Passeio no Parque apresentam sua regras de interação numa tela inicial com um Português escrito muito rebuscado e carregado de informações técnicas e essa opção aparece somente na execução dos *software* inicial, impedindo que o usuário retome as regras de uso a qualquer momento, vale salientar que essa forma de apresentação pode ser inclusive confusão para usuários ouvintes, uma vez que encontram-se em processo de alfabetização. Uma proposta parecida é apresentada pelo 2 + 2 Math for Kids, somente que na Língua Inglesa escrita, embora apresente itens coloridos com contraste de cores e animação.

Já Arthur e Coelho Sabido apresentam sua interação somente na forma sonora, impossibilitando o surdo interagir com qualquer tipo de *feedback* exposto pelos personagens que acompanham os *software*.

Assim concluímos que a forma de exploração da linguagem e dos mecanismos de interação tem que apresentarem itens que contemplem a especificidades da surdez, não precisa ser necessariamente um tradutor, o que poderia aumentar o custo do produto porque possivelmente teríamos que explorar um agente virtual, mas atitudes triviais como uma linguagem mais simplificada, requisito também necessário para ouvintes, podem ser incorporadas com facilidade, tanto para a interação quanto para informações sobre regras de uso, relatórios, enfim o usuário poderia interagir sem necessitar constantemente de um tutor.

Outro aspecto que podemos considerar é quanto à proposta educacional, embora esteja clara a necessidade do uso de variadas formas de representação do campo aditivo e exposição a uma diversidade de situações-problema, os *software* encontrados ainda se limitam a explorar uma ou duas representações de forma contextualizada. Além de apresentarem formas de ajuda, como mensagens de *feedback*, generalizadas não apontado para o tipo de erro cometido pelo usuário, informando apenas que a resposta esta incorreta. Esse fato não contempla a exploração do campo conceitual aditivo em sua íntegra, uma vez que não sinaliza para invariantes chaves que possivelmente poderiam ser mobilizados.

A discussão desses resultados nos despertou para práticas de desenvolvimento triviais que podem ser perfeitamente incorporadas a outras interfaces permitindo interação de usuários surdos, sem descaracterizar o uso por ouvintes. Além da necessidade de

revermos software educacionais que contemplem o campo aditivo no que diz respeito as formas exploradas das situações-problemas.

4.2 Observação de uso dos *software* concorrentes

Esta fase procurou colocar o usuário surdo em contato com os cinco *software* concorrentes já selecionados, a fim de identificar as necessidades de representações e relações entre conceitos necessários numa interface educativa.

Previamente foram selecionados estudantes representativos do grupo de usuário final para resolverem algumas atividades no campo das estruturas aditivas nestes *software*.

Gomes *et al.* (2002) defende que a avaliação de *software* educativo deve considerar não só aspectos da interface, mas também a relação entre o uso do *software* e a aprendizagem de conceitos.

4.2.1 Participantes

Como participantes da observação de uso dos *software* concorrentes definimos uma amostra de 6 (seis) alunos surdos com escolaridade igual ou superior à 3ª série do Ensino Fundamental, da escola da rede pública municipal da cidade de Recife, Padre Henrique.

Os alunos tinham idade entre 7 e 15 anos e responderam previamente a um questionário (Anexo IV) que permitiu traçar o perfil de cada um com informações sobre: sexo, idade, escolaridade, familiaridade com uso de computador, uso de *software* educativo.

Para garantir sua privacidade, identificamos cada dupla por grupo A, B, C, onde A1, A2 pertencem ao primeiro grupo; B1, B2 pertencem ao segundo grupo; e C1, C2 pertencem ao terceiro grupo.

O Quadro 4.2 apresenta a distribuição das duplas e as principais características dos participantes envolvidos na observação de uso dos *software*.

Quadro 4.2 – Características do perfil dos participantes envolvidos

Grupos	A		B		C	
Participantes	A1	A2	B1	B2	C1	C3
Sexo	M	F	M	M	M	F
Idade	13 anos	14 anos	11 anos	11 anos	11 anos	12 anos
Escolaridade	4ª	4ª	4ª	4ª	3ª	3ª
Familiaridade com uso de computador	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Contato anterior com *software* matemático	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim

4.2.2 Tarefas

As tarefas organizadas para serem realizadas na observação de uso dos *software* concorrentes foram apresentadas a cada dupla de participantes conforme descrição a seguir.

No *software* Lousa (Mac System, 2006), solicitamos a resolução de três atividades, dado o baixo nível de complexidade, uma vez que exploravam somente dois tipos de representação das estruturas aditivas. Uma na forma de sentenças matemáticas e outra na forma de algoritmo, disponibilizada através da opção "Ajuda", totalizando dois tipos de representação.

No *software* 2 + 2 – Mathematics for Children (Przedstawia, 2006), solicitamos a resolução de cinco atividades, visto que este *software* apresentava uma interação mais enriquecida de recursos motivacionais, embora explorasse representação das estruturas aditivas na forma de sentença e de metáfora de material concreto, a cada resposta inadequada do usuário.

No *software* Arthur (Divertire, 2000), solicitamos a resolução de quatro atividades, uma vez que exploravam uma representação algorítmica, explorando a reserva, embora fosse a única forma de representação.

No Coelho Sabido na Terra do Queijo (Divertire, 2006), solicitamos a realização de três atividades por tela, uma vez que foi explorado o uso de duas telas, a dupla de participantes esteve em contato com no mínimo seis algoritmos. A representação das estruturas aditivas também foi explorada somente na forma de algoritmo, embora requisitasse o uso de operações inversas no campo das estruturas aditivas.

No *software* Passeio no Parque (Mac System, 2006), solicitamos a realização de duas atividades, porque se tratava de um demonstrativo, não sendo possível configurar as atividades somente no campo das estruturas aditivas. A forma de representação das atividades era através de situações-problema, oferecia a possibilidade de resposta na forma de sentença e explorava o uso da metáfora de material concreto.

O quadro 4.3 apresenta os *software* concorrentes selecionados para o experimento e suas características no campo das estruturas aditivas.

Quadro 4.3 – Comparação entre os *software* concorrentes

Software	Lousa	2 + 2 Mathematics for Children	Arthur	Coelho Sabido	Passeio no Parque
Tipo de *software*	Aplicativo	Aplicativo	Aplicativo	Jogo	Aplicativo
Quantidade situações explorada no experimento	3	5	4	6	2
Tipo de Representações	• Sentença • Algoritmo	• Sentença • Metáfora de material concreto	• Algoritmo (adição e subtração com e sem reserva)	• Algoritmo (operação inversa)	• Situações-problema • Sentença • Metáfora de material concreto
Quantidade de representações	2	2	1	1	3

4.2.3 Materiais

Para realização do teste de observação de uso dos *software* concorrentes foram necessários os seguintes materiais:

- Um computador portátil com sistema operacional Windows;
- Um gravador de voz usado pelo observador;
- Uma filmadora;
- *Software* educativos: Lousa (Mac System, 2006), 2 + 2 Math for Kids (Przedstawia, 2006), Arthur (Divertire, 2000), Coelho Sabido na Terra do Queijo (Divertire, 2006) e Passeio no Parque (Mac System, 2006);
- *Software* para captura de tela: Camtasia Studio 4 (TechSmith, 2007);
- Papel e lápis disponível por dupla;
- Script de apresentação da equipe da proposta do experimento (Anexo II);
- Questionário de identificação da dupla participante (Anexo IV) para coletar informações sobre o perfil dos participantes e suas experiências computacionais e contato anterior com *software* educacionais matemáticos;
- Formulário de coleta de informações usado pelo observador (Anexo V).

4.2.4 Procedimentos

Para observarmos o uso dos *software* concorrentes, adotamos alguns procedimentos que tornariam uma coleta de dados mais precisa e coordenada, para toda equipe envolvida.

Assim, para uma melhor otimização do tempo e para não gerar impaciência aos participantes, quanto aos procedimentos formais que deveriam ser executados durante o experimento, procuramos nos organizar de forma sucinta e com linguagem acessível a este público.

Em momento anterior à aplicação do experimento, os envolvidos na coleta dos dados (facilitador/intérprete, observador, operador de vídeo) se reuniram para repassarem suas responsabilidades e tarefas, bem como sua postura frente ao experimento.

Como a equipe tinha pouco conhecimento em LIBRAS, foi solicitado ao facilitador/intérprete que verbalizasse a interação com os surdos para que o observador também pudesse captar detalhes dessa comunicação.

Quanto ao observador, que neste caso foi representado pelo pesquisador deste estudo, coube captar informações da interação entre a dupla de participantes e o facilitador/intérprete e com os *software*. As observações foram registradas em áudio e na forma escrita.

O operador de vídeo ficou responsável pela gravação de todo tipo de interação entre facilitador/intérprete, dupla de participantes do experimento e *software*.

O experimento iniciou pelas saudações e apresentação (Anexo II) interpretadas em LIBRAS pelo facilitador/intérprete, em que o mesmo procurou deixar claro que a

participação não era obrigatória e que a qualquer momento os participantes poderiam abandonar as atividades.

Às duplas envolvidas no teste também foi esclarecido que estávamos interessados somente na interação com os *software* e que, em nenhum momento, estaríamos julgando seu desempenho junto às atividades, divulgando suas identidades ou imagens coletadas.

Num segundo momento, solicitamos a entrega do formulário de consentimento (Anexo III), que descrevia os aspectos éticos e procedimentos a serem adotados ao longo do experimento. Esse formulário foi previamente entregue aos participantes, pois tratava-se de crianças e tornava-se essencial a autorização dos pais e/ou responsável.

De posse do formulário de consentimento, organizamos a dupla no ambiente. Vale salientar que previamente já havíamos aplicado um questionário (Anexo IV) para identificação de perfil das duplas de participantes do experimento.

Dada a especificidade na comunicação dos participantes – LIBRAS, solicitamos que participasse do experimento um dupla de cada vez, permitindo uma coleta de dados mais precisa. A organização da sala, disposição dos integrantes da equipe e a dupla participante podem ser visualizadas na Figura 4.23.

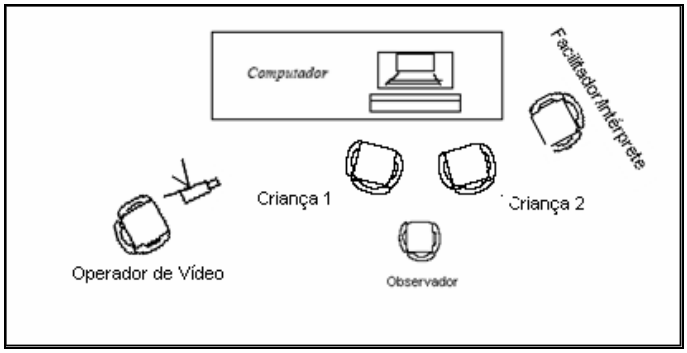


Figura 4.23 – Disposição dos participantes da observação de uso

Após a organização da sala e acomodação de todos, foi entregue papel e lápis à dupla, seguindo a apresentação das tarefas pelo facilitador/intérprete.

Ao término de todas as atividades a dupla participante do experimento de uso dos *software* concorrentes recebeu agradecimentos, finalizando a participação.

4.2.5 Forma de análise dos dados coletados

Os dados coletados durante a observação de uso dos *software* concorrentes foram classificados e analisados de forma qualitativa com o auxílio da ferramenta de avaliação.

A ferramenta de avaliação usada foi QSR NVivo 2.0, que oportunizou uma agilidade relevante na manipulação das informações que foram organizadas por categorias que representavam relações.

A análise dos dados transcritos oportunizou identificarmos novos requisitos, bem como confirmar requisitos já encontrados na análise dos competidores.

4.2.6 Tratamento dos dados coletados

Os dados coletados na observação de uso dos *software* concorrentes foram transcritos a partir das filmagens e da captura de tela através do *software* Camtasia Studio 4 (TechSmith, 2007).

A análise desses dados procurou identificar as principais dificuldades encontradas por cada dupla de participantes no que se refere à interação e manipulação dos potenciais competidores, bem como às necessidades de representações e relações envolvendo conceitos que deveriam compor uma interface.

Os dados específicos da observação foram usados de forma complementar dando suporte à filmagem e à captura de tela da interação durante o experimento de uso. Esses dados também foram categorizados previamente para que o observador pudesse ter um foco de seu trabalho, mas ficou aberto a outros tipos de informações e ações que considerasse relevante coletar.

As principais categorias dos dados da observação eram: compreensão das regras de uso, *feedback* satisfatório, formas de representação exploradas e presença de cálculo relacional e numérico adequado. A seguir apresentamos cada uma das categorias:

- **Compreensão das regras de uso dos *software* concorrentes**: pretendia coletar informações no que se refere à interação quanto às regras de uso. Se essas regras se apresentavam claras e inteligíveis ao participante surdo, considerando sua primeira língua, a LIBRAS. A proposta era coletar boas práticas e principais necessidades que, incorporadas ao protótipo pudessem garantir autonomia ao usuário final durante o uso;
- **F*eedback* satisfatório emitido pelos *software* concorrentes**: este item procurou identificar se o retorno dado era suficiente para a compreensão dos conteúdos explorados e condução do usuário durante a interação, uma vez que a especificidade da comunicação do surdo poderia exigir outras formas de interação, que pretendíamos identificar através do uso dos *software* concorrentes;
- **Formas de representações exploradas pelos *software* concorrentes**: as representações exploradas pelos *software* no campo das estruturas aditivas muitas vezes são limitadas a uma ou duas representações. O contato dos participantes com os *software* concorrentes procurou verificar quais as representações exploradas e quais representações poderiam contribuir na aprendizagem dos conceitos;
- **Forma de exploração do cálculo relacional e numérico adequado nos *software* concorrentes**: este item procurou identificar a possibilidade de a resposta inadequada se concentrar somente no cálculo relacional – organização estrutural ou somente no cálculo numérico – organização algorítmica, e se existia relação direta entre esses dois tipos possíveis de erro.

Os resultados obtidos serão apresentados através de requisitos no Capítulo de resultados.

4.3 Requisitos gerados a partir da análise dos competidores e da observação de uso dos *software* concorrentes

A partir da análise dos *software* concorrentes e da observação de uso dos *software* concorrentes foi possível obter requisitos para o *design* da interface deste estudo. A seguir apresentamos requisitos encontrados nesta etapa, que estão organizados da seguinte forma:

- Específico para usuário surdo: adequado para atender as especificidades da surdez;
- Gerais: adequados a qualquer *software* educativo;
- Específicos para explorar o campo aditivo: adequados para os *software* que explorem o campo conceitual aditivo.

4.3.1 Requisitos específicos para usuários surdos

Este requisito tem o propósito de atender as especificidades da comunicação do usuário surdo, mas pode ser perfeitamente integrados a uma interface usada por ouvintes, permitindo atender ao contexto inclusivo.

[REQUISITO_01] A interação da interface deve apresentar clareza e inteligibilidade ao explorar o português escrito para o surdo

A clareza e a linguagem com que as informações são colocadas compõem um dos aspectos da interação que facilitam o aprendizado e a utilização do *software* (Gamez, 1998; Atayde, 2003; Braga, 2006).

A interação, no caso de usuários surdos, deve: privilegiar ícones identificados por legendas, animações, movimentos ou efeitos, cores vibrantes para alertas, textos pequenos e claros, com verbos no infinitivo, mensagens na forma gráfica, garantindo que as ligações textuais sejam palavras compreensíveis do contexto, evitando o uso de gírias, metáfora, expressões pouco utilizadas, textos longos, linguagem conotativa, mesóclise, onomatopéias, ambigüidades (Campos e Silveira, 1998).

Esse requisito oportuniza que o usuário surdo tenha acesso à língua da maioria. Para Kyle (1999), a língua falada e escrita é majoritária na sociedade, por isso é preciso que os surdos tenham o acesso, a fim de que o potencial que é aparente ao seu funcionamento cognitivo possa ser alcançado.

No que se refere à aquisição de conceitos matemáticos, Zarfaty, Nunes e Bryant (2004), despertam para a necessidade das situações-problema serem apresentadas com um mínimo de instruções verbais, evitando esforços com habilidade de leitura ou memória para informações orais que podem gerar distorção de resultados. O uso de ilustrações tem menos probabilidade de distorção dos resultados em conseqüência da influência de fatores irrelevantes (Nunes *et. al*, 2002), uma vez que a interpretação e a esquematização de um

problema dependem, também, da forma como o enunciado é proposto (Magina *et al.*, 2001).

[REQUISITO_02] O *software* deve apresentar ícones representativos de suas funções em LIBRAS

Este requisito refere-se à possibilidade do *software* apresentar ícones representativos que explorem sinais em LIBRAS, a língua natural de um surdo.

Através da observação de uso dos *software* concorrentes, percebemos que muitas das funcionalidades da tela não eram compreendidas pelos participantes porque apresentam uma terminologia muito distante da LIBRAS, sem deixar de contemplar usuários da Língua Portuguesa. A aquisição da LIBRAS tardiamente pode acarretar um vocabulário pouco favorecido na Língua Portuguesa, embora seja necessário que o surdo também se aproprie desta na forma escrita, o que poderá repercutir na interação com os *software*.

[REQUISITO_03] O *software* deve apresentar contraste de cores e/ou alertas visual para encaminhar a ação do usuário.

Este requisito refere-se ao usuário estar em processo de alfabetização tanto em LIBRAS como na Língua Portuguesa escrita. Foi percebido no teste de observação de uso dos *software* concorrentes que muitas vezes o usuário surdo não conseguia compreender qual o próximo passo a ser executado. Um motivo para este fato pode ser o uso de uma língua que não está tão solidificada a sua cultura, no caso a Língua Portuguesa escrita; a ansiedade em enfrentar algo pouco conhecido pode gerar dispersão da atenção e mesmo incompreensão por parte do usuário surdo.

[REQUISITO_04] O *software* deve disponibilizar um modo simulação de tela

Este requisito refere-se à possibilidade do usuário necessitar de informações mais direcionadas sobre a forma de interação e manipulação de funcionalidades do *software*.

Muitas tecnologias educacionais e *software* necessitam de um tutor, quer físico ou virtual, ou ainda apresentam regras de uso e interação de forma sonora. Uma das alternativas que encontramos nos *software* educacionais analisados conduzia o usuário através de um personagem que se comunicava com o usuário na forma oral. Em ambos os casos seria inviável a um surdo.

O modo simulação estaria disponível para apresentar ao usuário as regras de uso do *software*. Este modo só seria executado a pedido do usuário e estaria simulando a interação por tela em que se encontrasse o usuário. Os *software* normalmente apresentam as regras de uso através de áudio, ou seja, na forma verbal ou na forma escrita, em ambas as alternativas pode dificultar a compreensão por parte do usuário surdo.

O modo simulação só seria executado em caso de dúvida por parte do usuário quanto à interação com a interface. No caso do usuário surdo, que não dispõe da audição para interações verbais, este modo tentaria minimizar esta lacuna.

4.3.2 Requisitos gerais adequados a qualquer *software* educativo

Estes requisitos têm o propósito de atender usuários surdos e ouvintes, uma vez que identificamos que muitas das necessidades encontradas não são específicas da surdez, mas também de usuários ouvintes.

[REQUISITO_05] O *software* deve privilegiar o uso de recursos motivacionais

Este requisito refere-se ao uso de recursos que estimulem e despertem a atenção do usuário, proporcionando uma interação mais fluente.

O uso desses recursos é largamente explorado, principalmente quando o usuário pertence à classe infantil. Segundo Atayde (2003) a simples transferência de conteúdos escolares para um *software* não traz ganhos para o processo de aprendizagem, é preciso que novas estratégias de ensino sejam exploradas complementares à tradicional. Neste caso, provoca o interesse pelo assunto ao mesmo tempo em que facilitam a situação de ensino/aprendizagem (Gamez, 1998), além de estimular a atenção, proporcionando uma interação mais efetiva, uma vez que se propõe a eliminar esforço relevante de leitura.

[REQUISITO_06] O *software* deve permitir o usuário retomar ações já executadas

Este requisito refere-se à possibilidade de retomar um procedimento após uma ação.

A possibilidade de rever e refletir sobre ações permite que o usuário possa testar hipóteses e explorar possibilidades (Braga, 2006), uma vez que procedimento como a correção não-solicitada de um erro pode interromper o processo de reflexão sobre a resposta (Atayde, 2003).

[REQUISITO_07] O *software* deve permitir acesso a diferentes níveis de dificuldade

Este requisito esta relacionado a existência de diferentes níveis de experiências dos usuários (Braga, 2006) procurando evitar repetições de fases que gerem incômodos ou desconforto (Atayde, 2003).

As tarefas devem ser adequadas aos níveis de experiências dos alunos, evitando transformar o conteúdo do problema num obstáculo (Zarfaty, Nunes e Bryant, 2004). Embora seja importante apresentar problemas que requeiram um mesmo raciocínio, com situações, enunciados e valores numéricos diferentes (Magina *et al.*, 2001).

Segundo Zarfaty, Nunes e Bryant (2004), é preciso que os alunos tenham acesso a questões mais simples, mais próximas às suas experiências e que lhes permitam utilizar seus esquemas práticos, bem como questões mais complexas, que envolvam um maior número de operações mentais. Além da possibilidade de explorar diferentes categorias e estruturas nos quais os problemas aditivos estão subdivididos.

[REQUISITO_08] O *feedback* deve auxiliar à compreensão de conteúdos

Este requisito está relacionado ao tipo de *feedback* oferecido para auxiliar o usuário na compreensão de conteúdos no que se refere à clareza e objetividade, na aquisição de conhecimentos.

Este critério quando consolidado à proposta pedagógica do *software*, além de contribuir para aquisição de conhecimentos, é uma excelente ferramenta a ser conduzida e explorada pelo professor.

[REQUISITO_09] O *software* deve oferecer a possibilidade do aluno se identificar

Esse requisito está ligado diretamente à disponibilidade de acesso a relatório do desempenho do usuário por parte dos professores e pelo próprio usuário.

[REQUISITO_10] O *software* deve fornecer relatório das atividades desenvolvidas e do desempenho do usuário na forma de relatórios para o professor

Este requisito está relacionado à possibilidade do professor acompanhar o desempenho do usuário, retomar conceitos, dificuldades e limitações individualmente.

O registro de atividades do usuário disponibiliza um instrumento de avaliação que pode verificar que conceitos estão sendo adquiridos pelo usuário e quais os processos de aquisição (Atayde, 2003), otimizando a avaliação individual.

Zarfaty, Nunes e Bryant (2004) despertam para a relevância de gerar subsídios para que as estratégias de resolução sejam discutidas, validadas e comparadas, uma vez que a exploração do raciocínio ajuda o aluno a compreender melhor suas próprias estratégias, permitindo ao professor oferecer *feedback* e propor situações que levem o aluno a novas descobertas.

Segundo Braga (2006) o *feedback* fornecido pelo sistema sobre os desempenho dos alunos pode contribuir como norteador do trabalho do professor em sala de aula.

[REQUISITO_11] O *software* deve possibilitar que o usuário acompanhe seu desempenho

Este requisito está relacionado à possibilidade do usuário ter acesso a um relatório que apresente sua evolução nas tarefas, explorando a apresentação

visual e gráfica e respeitando sua compreensão em relação à faixa etária atendida.

[REQUISITO_12] O *software* deve permitir ao professor configurar e incluir novas atividades

Esse requisito refere-se à possibilidade do professor incluir e configurar novas atividades de acordo com o nível de desenvolvimento do usuário e habilidades já adquiridas.

Propor novas situações-problema a partir de uma bagagem já apresentada possibilita a expansão do conhecimento do aluno (Magina *et al.*, 2001), bem como desafia-o a formular outras estratégias de resolução.

4.3.3 Requisitos específicos para explorar o campo aditivo

Estes requisitos estão voltados para atender, também usuários surdos e ouvintes, no que se refere a explorar o campo conceitual aditivo.

[REQUISITO_13] O *software* deve disponibilizar a manipulação de pelo menos dois sistemas de sinais

Este requisito refere-se à possibilidade do usuário manipular pelo menos dois sistemas de sinais.

Para Nunes *et al.* (2002), o desenvolvimento do raciocínio aditivo se dá através do uso coordenado de pelo menos dois sistema de sinais: o sistema de numeração e os sinais + (mais) e – (menos), uma vez que são indispensáveis futuramente para resolução de problemas que requeiram o uso da calculadora. E, também, porque a compreensão de adição e subtração tem mais êxito de se desenvolver se forem dominadas problemas que envolvam variedade de procedimentos e sistemas de sinais (Nunes e Bryant, 1997).

[REQUISITO_14] As opções de ajuda devem ser variadas e contemplar a proposta educacional do *software*

Este requisito refere-se à necessidade das opções de ajuda serem fornecidas, considerando o nível de experiência e conhecimento do usuário, dando liberdade de escolha ao usuário quanto ao tipo de ajuda de que necessita.

No caso das estruturas aditivas, consideramos três tipos de ajuda: metáfora de material concreto, algoritmo e diagrama. Os diagramas devem estar relacionados diretamente com a situação-problema explorada (Combinação, Comparação, Mudança e Igualização).

Magina *et al.* (2001) afirma que o uso de expressões simbólicas, diagramas e tabelas constituem uma forma eficiente para que os alunos concentrem seus esforços sobre os elementos e inter-relações relevantes para resolução de problemas.

[REQUISITO_15] O *software* deve apresentar o conteúdo com variedade de representações das estruturas aditivas

Este requisito refere-se necessidade de explorar variadas formas de representações do campo conceitual aditivo.

O acesso a diferentes formas de representação de um conceito estimula o uso de diferentes estratégias de resolução (Zarfaty, Nunes e Bryant, 2004; Kelly *et al.*, 2003b; Borba e Santos, 1997). De um modo geral, permite que a criança desenvolva uma compreensão mais ampla do conceito matemático (Selva, 2003).

Outro aspecto é que os alunos aprendem mais se estão efetivamente engajados em resolver problemas e raciocinar do que se sua tarefa consistir em imitar soluções oferecidas pelo professor (Nunes *et al.,* 2002).

Segundo Braga (2006), é importante que o aluno possa passar de uma representação para outra durante a resolução de problemas, uma vez que uma mesma propriedade de um conceito pode ser representada de mais de uma maneira.

[REQUISITO_16] O tipo de ajuda deve ser compatível com a exploração das categorias aditivas

Este requisito refere-se à ajuda disponibilizada estar associada aos tipos de problemas apresentado. Somente uma nova representação, como observamos nos concorrentes, pode não satisfazer a necessidade e a compreensão do conceito por parte do usuário.

Também, a disponibilidade de material concreto pode não esgotar a dificuldade do aluno em relação ao problema a ser resolvido, pode ser necessário um outro tipo de ajuda mais direcionada para mobilizar mais invariantes e conseguir consolidar um conceito. Para Carraher, Carraher e Schliemann (1988) o uso de material concreto pode ser frutífero na fase em que o usuário tem mais facilidade com problemas concretos do que com problemas abstratos.

O campo das estruturas aditivas recebe classificações quanto à estrutura de suas situações-problema, que são: Combinação, Comparação, Mudança e Igualização (Carpenter e Moser, 1982), que neste estudo exploramos na forma de desenhos ou diagramas.

A ajuda ligada diretamente ao tipo de situação-problema proposta tem como benefícios estimular o usuário a mobilizar o invariante correto fazendo com que sua compreensão ultrapasse a tentativa-e-erro, estimulando a construção de novas estratégias de resolução.

[REQUISITO_17] O *software* deve gerenciar se o erro do usuário refere-se ao cálculo relacional ou numérico

Este requisito refere-se à classificação do erro quanto ao cálculo relacional ou numérico.

O cálculo relacional refere-se às operações do pensamento necessárias para que haja a manipulação das relações envolvidas nas situações (Magina *et al.*, 2001) e envolve diferentes estruturas mentais para estabelecer relações implícitas (Borba e Santos, 1997), enquanto que o cálculo numérico refere-se às operações usuais de adição, subtração, multiplicação, divisão.

Embora os estudos de Borba e Santos (1997) tenham apresentado percentuais menores de erros quanto ao uso do cálculo numérico, o mesmo não ocorreu com cálculo relacional que demonstra por parte dos pesquisados uma incompreensão das estruturas. Acontece que ambos exigem do usuário competência na escolha, o cálculo relacional na escolha da operação adequada e o numérico, na realização correta da operação.

[REQUISITO_18] O *software* deve explorar o sistema posicional numérico na resposta final

Este requisito refere-se ao fato do sistema numérico ser posicional, portanto com a designação de unidades (U), dezenas (D), centenas (C).

Identificamos que uma das deficiências dos *software* matemáticos testados foi que alguns deles solicitavam que o usuário informasse primeiro a unidade seguida da dezena e outros, que informasse primeiramente a dezena seguida da unidade. No teste de observação dos *software* concorrentes com os usuário, percebemos que este fato gerou certa incompreensão por parte de alguns usuários surdos, porque, mesmo tendo convicção da resposta, não ficava claro para os mesmos como deveriam registrar a resposta final. E a ordem em que informavam a resposta diversas vezes foi contabilizada como erro, quando na realidade o participante tinha chegado ao resultado final correto, apenas havia uma alteração na ordem da informação.

Esse erro surgiu quando era oferecida a ajuda na forma de algoritmo e depois a resposta final deveria ser respondida no sistema de decomposição. Ou seja, ao resolver o algoritmo o usuário escreveu 3 para unidade e 1 para a dezena, tendo o valor 13. Para informar a resposta final ele se valeu do mesmo princípio, mas o *software* capturou, 31. Neste caso não temos nem um erro relacional, nem de algoritmo, mas de incompreensão por parte do *software* da ação do usuário.

4.4 Prototipagem de *software*

A prototipagem ou prototipação é uma valiosa ferramenta apresentada dentro do *design* centrado no usuário que tem como objetivo construir um modelo de sistema preliminar rápido e barato para ser submetido à avaliação do usuário (Hall, 2001). Ou seja, pode ir de um *storyboard* de papel a uma parte complexa de um *software* ou de uma maquete de cartolina a um pedaço de metal moldado e prensado, desde que possibilite os *stakeholders* a interagirem com o produto imaginado para extrair experiências de como utilizá-los e explorá-los (Preece, Rogers e Sharp, 2005).

A prototipação é uma das etapas do design centrado no usuário, de um ciclo composto pela análise de requisitos do usuário, especificação, prototipação e avaliação (Nielsen, 1993).

Preece, Rogers e Sharp (2005) esclarecem que essa técnica evolui iterativamente, em ciclos repetitivos de *design – avaliação – re-design*, permitindo que os desenvolvedores, por exemplo, tenham acesso ao *feedback* dos usuários muito antes do desenvolvimento do sistema, evitando desperdício de tempo e trabalho, além de encontrar soluções para eventuais problemas antes da implementação.

O uso de protótipos tem diversos fins, como por exemplo, testar a viabilidade técnica de uma idéia, esclarecer alguns requisitos válidos, realizar alguns testes com os usuários e avaliações ou, ainda, verificar se certo rumo que tomou é compatível com o resto do sistema. Mas, resumindo, é coletar o máximo de *feedback* do usuário com um mínimo esforço (Snyder, 2003).

Esta técnica permite que os desenvolvedores observem o comportamento dos usuários e suas reações de forma semelhante ao que aconteceria no produto final e a cada avaliação seja possível refinar o protótipo, através de um novo *re-design*.

Como podemos observar, o uso da prototipação viabiliza a experimentação de diversas alternativas do projeto antes do desenvolvimento e também pode identificar e solucionar problemas previamente, reduzindo custos e melhorando a qualidade (Snyder, 2001).

De acordo com a forma como os protótipos são desenvolvidos e sua proximidade com o sistema final, eles podem ser classificados como: protótipos de baixa-fidelidade e de alta-fidelidade.

Os protótipos de baixa-fidelidade são uma representação mais resumida do sistema, composto das principais funcionalidades a serem avaliadas. Eles normalmente são simples, baratos e de rápida confecção, muito usados quando se precisa testar a interação com a interface.

Os protótipos de baixa fidelidade, apesar de poderem ser construídos com materiais mais simples (papel, caneta e tesoura), apresentam uma interação mais efetiva com o usuário, uma vez que permitem alterações imediatas e uma liberdade maior ao usuário no que se refere ao manuseio e às sugestões.

Já os protótipos de alta fidelidade se assemelham muito ao produto final, embora levem um tempo mais considerável para serem construídos, bem como para serem modificados e apresentam um custo mais elevado para a confecção, visto que demanda tempo para desenvolvimento e desenvolvedores, embora sua funcionalidade seja mais completa, permitindo ao usuário uma interação direta e muito próxima do sistema final.

4.4.1 Prototipação em Papel

Neste estudo optamos por trabalhar com a prototipação em papel, por apresentar um baixo custo no desenvolvimento e pela facilidade de confecção e manuseio, sem perdas significativas na qualidade e aparência do produto final. Os protótipos de baixa

fidelidade são úteis para testes de usabilidade em que o objetivo é avaliar a interface do produto (Falcão T., 2007).

Seu uso tem grande aceitabilidade entre o time desenvolvedor e especialista, por apresentar uma maneira fácil e rápida de validar e avaliar sistema com usuários. Segundo Gomes I. (2005), a prototipação em papel permite apagar, escrever por cima, tirar notas, dobrar, recortar… e é mais rápido de desenhar do que se fosse feito através de algum *software*, além de viabilizar que um grande número de pessoas possa contribuir na confecção.

Também permite que mudanças sejam realizadas muito rapidamente, mesmo durante a avaliação pelos usuários. Outro aspecto positivo é que não existe qualificação técnica para ser desenvolvido ou modificado (Snyder, 2003; Preece, Rogers e Sharp, 2005), além de ser barato.

Assim adotamos na fase inicial de nosso estudo somente lápis e papel (folha de ofício A4) dividida ao meio para esboçarmos a idéia do que pretendíamos apresentar na interface (Figura 4.24).

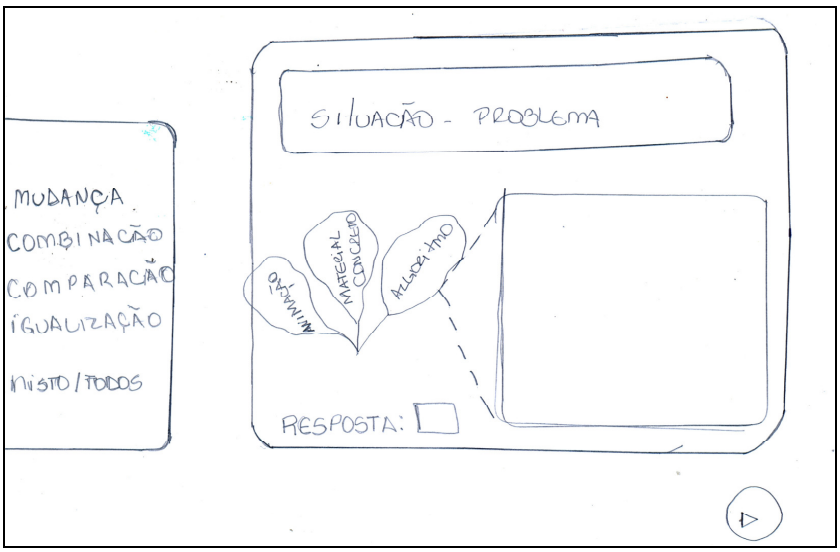


Figura 4.24 – Tela do esboço inicial do protótipo de baixa fidelidade

Mesmo nesta fase inicial a participação dos especialistas foi necessária porque, além de explorarmos o campo das estruturas aditivas, no qual precisávamos de um especialista em Educação Matemática, também estávamos envolvendo usuários com especificidades na comunicação, no caso a LIBRAS.

O especialista em Educação Matemática foi a professora Rute Borba, mestre em Psicologia Cognitiva pela Universidade Federal de Pernambuco e PhD pela Oxford Brookes University, professora adjunta da Universidade Federal de Pernambuco na área de Educação Matemática. Também é pesquisadora e orienta estudos em Educação Matemática, com ênfase em: desenvolvimento conceitual (estruturas aditivas e multiplicativas e o papel de significados, propriedades invariantes e representações simbólicas), análise de livros didáticos e formação de professores que ensinam matemática.

O segundo especialista foi o professor Luiz Albérico Barbosa Falcão, mestre em Saúde Pública, professor na Universidade de Pernambuco. Há dez anos na coordenação do Grupo de Pesquisa em Educação Popular, Inclusão e Saúde e desde 2004 vem desenvolvendo pesquisas na área de educação de surdos e do ensino da LIBRAS. É professor de LIBRAS na Escola Superior de Educação Física da UPE e em cursos de Extensão e de Formação de professores e servidores na UPE, UFPE e UFRPE. É professor na pós-graduação da Faculdade Osman Lins da disciplina de Necessidades Educacionais Especiais e Transtornos da Aprendizagem. E também coordenador e professor do Curso de especialização em LIBRAS na ESEF/UPE. Atualmente desenvolve pesquisa sobre o ensino das ciências para surdos em escolas públicas.

Ambos os especialistas participaram e avaliaram o protótipo na fase inicial; a partir desta análise foi feito um *re-design* e uma nova versão foi gerada com uso da ferramenta Corel Draw, versão 11, por Ana Carla Pereira da Silva, graduanda do curso Design, pela UFPE, embora continuássemos usando o conceito de protótipo de baixa fidelidade podemos perceber na Figura 4.25 uma visível melhora no design da interface e na proximidade com o sistema final.

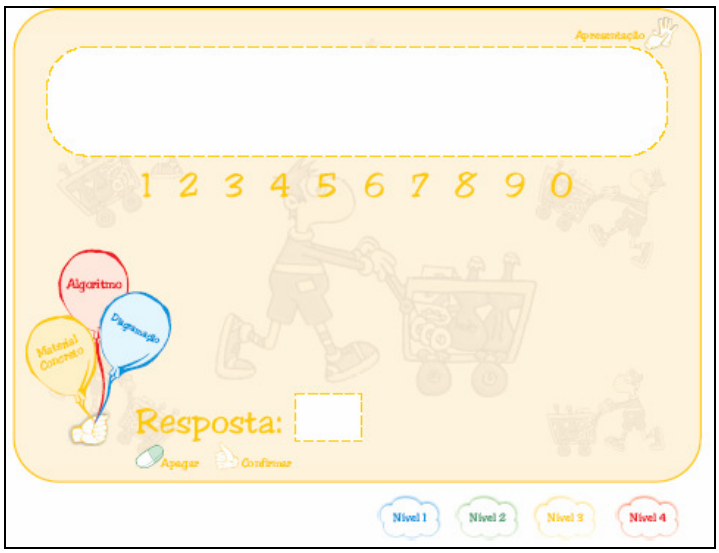


Figura 4.25 – Tela do Nível 3 da segunda fase do protótipo

No capítulo 6, abordaremos mais aprofundadamente as contribuições dos especialistas e os *re-design* pelo qual passou o protótipo de baixa fidelidade.

4.4.2 *Design* da interface proposta

Esta seção tem como proposta apresentar os requisitos encontrados na análise dos competidores e na observação de uso dos *software* concorrentes fundamentados na revisão bibliográfica e no referencial teórico do campo aditivo que foram incorporados ao protótipo da interface e depois passaram pela avaliação dos especialistas e avaliados pelos testes de usabilidade.

Como já apresentado, o protótipo de baixa fidelidade tem como objetivo projetar uma interface que explore as estruturas aditivas através de situações-problema com usuários surdos, baseado na teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud usando a

categorização apresentada por Carpenter e Moser (1982), o qual envolve somente operações com números naturais.

O protótipo nos permite avaliar através do teste de usabilidade *design* da interface, sua interação com o usuário e principais funcionalidades que emergiram a partir dos requisitos encontrados.

A primeira versão do protótipo foi confeccionada em folha oficio A4, com auxílio de lápis grafite, contendo um esboço da idéia inicial. A seguir, a versão foi remodelada com o auxílio do *software* Corel 11, o qual foi impresso e recortado para receber as contribuições dos especialistas e finalmente ser validado pelos usuários surdos.

Após avaliação dos especialistas, o protótipo sofreu alterações como: apresentação da interface, situações-problema a serem exploradas, grafia e forma de apresentação das situações-problema, apresentação da informação por figuras representativas da LIBRAS, dentre outros.

O ciclo de refinamento e o *re-design* se repetiu até o teste de usabilidade da versão preliminar do protótipo de baixa fidelidade.

4.5 Descrição da interface do protótipo de baixa fidelidade

O protótipo de baixa fidelidade procurou explorar um contexto comum ao usuário, através de problemas envolvendo diversas situações cotidianas e familiares. No caso, sentimos mais afinidade e simpatia pela metáfora de um supermercado, onde poderíamos explorar problemas envolvendo frutas, verduras, legumes dentre outros que poderiam sugerir de uma atividade real do cotidiano.

A seguir apresentamos a tela principal do protótipo com os dois personagens que irão acompanhar os usuários (Figura 4.26) e a tela de identificação do usuário (Figura 4.27).

Figura 4.26 – Tela do principal do protótipo

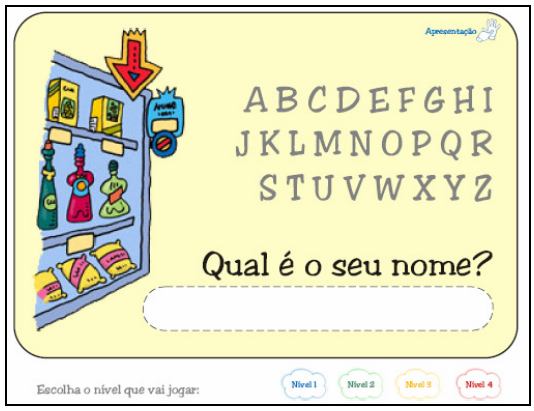


Figura 4.27 – Tela de identificação do protótipo

Dando continuidade apresentamos as telas dos demais níveis. O Nível 1 é composto por representações mais diretas das situações-problemas, ou seja, uma representação icônica muito ligada ao contexto concreto (Figura 4.28).

Figura 4.28 – Tela do Nível 1 do protótipo

No Nível 2 podemos observar duas formas de representações: uma direta e outra associada ao objeto, ou seja, uma icônica e outra ligada à abstração (Figura 4.29).

Figura 4.29 – Tela do Nível 2 do protótipo

No Nível 3 exploramos variadas formas de representação do campo aditivo e diferentes formas de ajuda (Figura 4.30).

Figura 4.30 – Tela do Nível 3 do protótipo

O Nível 4 se assemelha muito ao Nível 3, embora apresente um nível de complexidade mais avançado quanto às situações-problema exploradas (Figura 4.31).

Figura 4.31 – Tela do Nível 4 do protótipo

Todas as situações-problema sugeridas envolviam o contexto de um supermercado, no qual o usuário estaria simulando a compra de frutas na feira, envolvendo os personagens fictícios Pedro e Helena.

4.6 Descrição da interface do Nível 3 do protótipo

Como esclarecido anteriormente, o nível que aplicamos o teste de usabilidade foi ao Nível 3, por apresentar uma complexidade nem tão baixa em relação às situações-problema exploradas, nem complexas demais, inviabilizando a interação do usuário quanto a resolução das atividades.

O Nível 3 do protótipo apresenta um grau de complexidade intermediário entre os demais níveis e também apresenta todas as funcionalidades exploradas pelos requisitos elicitados neste estudo, ligadas ao usuário.

A fim de identificarmos a interação do usuário, consideramos relevante neste momento não testar o modo relatório usuário e professor, nem configuração de atividades por parte do professor.

Na Figura 4.32, temos na parte superior a apresentação da situação-problema, que ira explorar as categorias mencionadas neste estudo. Logo abaixo surgem os números que através do comando arrastar o usuário poderá deslocar ou informar via

teclado para o campo resposta, que se encontra na parte inferior da tela principal. No canto inferior direito estão presentes os personagens Pedro e Helena. E, abaixo da tela principal, surge a distribuição dos níveis do *software*, apresentando contraste de cor para o nível em que o usuário se encontra.

Figura 4.32 – Tela do Nível 3

As demais funcionalidades observadas na Figura 4.32 e disponibilizadas no protótipo encontram-se descritas abaixo (Quadro 4.3):

Quadro 4.3 – Funcionalidades do protótipo de baixa fidelidade

Botão	Funcionalidade
	Permite que o usuário possa explorar a funcionalidades da tela em que se encontra através do modo simulação[9].
	Permite que o usuário torne ativo na tela as três opções de ajuda.
	Permite que o usuário possa retomar uma resposta.
	Permite que o usuário possa confirmar sua resposta para que o *software* dê um *feedback*.
	Permite que o usuário escolha as opções de ajuda (material concreto, algoritmo, diagrama) que deseja usar.

As opções *Apresentação, Ajuda, Confirmar* e *Apagar* são apresentadas na forma escrita e também com sinais representativos da LIBRAS. A ajuda ao ser selecionada dispõe de 3 escolhas: material concreto, algoritmo e diagrama. O protótipo explora a seguinte nomenclatura: objetos, conta e desenho, respectivamente, uma vez que passou pela avaliação do especialista em LIBRAS e o mesmo julgou esta nomenclatura mais adequada dada o vocabulário da LIBRAS.

[9] Considerou-se relevante usar a palavra "apresentação" no modo simulação por ser um sinônimo da funcionalidade e, conforme um dos especialistas, faz parte de um conjunto de sinais da LIBRAS.

A opção de ajuda objetos tem como objetivo permitir que o usuário manipule objetos que envolvem a situação-problema proposta (Figura 4.33). Ao clicar no objeto que se encontra na parte superior, ele irá aparecer na tela central substituindo o ponto de interrogação.

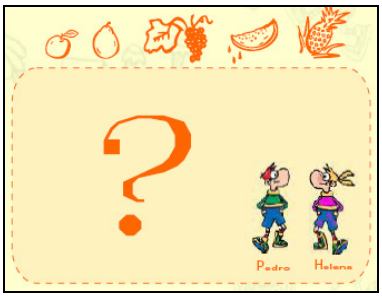


Figura 4.33 – Ajuda Objetos

Uma outra forma de ajuda é a possibilidade do usuário organizar seu raciocínio através da estruturação da conta, ou seja, o algoritmo (Figura 4.34). Para usar esta opção o usuário pode clicar nos números que se encontram na situação-problema ou que estão abaixo da situação-problema (Figura 4.32). A ordem dos cliques determinará a ordem dos termos no algoritmo, ficando, ainda para o usuário escolher o sinal que irá usar. Os sinais só ficarão disponíveis na Figura 4.32 para esta forma de ajuda.

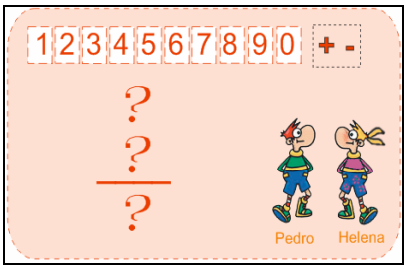


Figura 4.34 – Ajuda Conta

A terceira opção, chamada desenho, permite que o usuário tenha acesso a um diagrama relacionado à categoria (Combinação, Comparação, Mudança e Igualização). Estes diagramas foram sugeridos por um especialista na área, já citado neste trabalho, e foi sendo reavaliado pelo menos até sua estrutura final.

O diagrama usado para a situação-problema que envolve a categoria combinação pode ser observado na Figura 4.35. Este diagrama foi escolhido por envolver o invariante em que duas coleções de objetos (partes) resultam no todo da coleção através da soma das coleções envolvidas. Os objetos dispostos na figura foram apresentados um a um metaforizando o tempo, portanto foram dispostos dentro do diagrama, 15 laranjas para Pedro e 6 laranjas para Helena.

Situação-problema: Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?

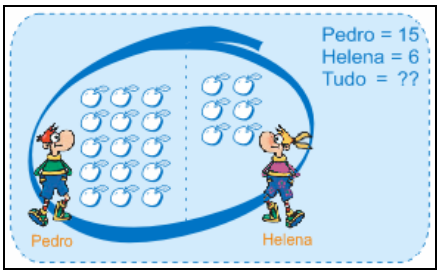


Figura 4.35 – Ajuda Desenho: categoria combinação

Para a situação-problema que envolve a categoria comparação, o diagrama usado pode ser observado na Figura 4.36. Este diagrama tenta estimular o usuário a perceber o invariante chave que consiste em identificar uma medida a partir da adição de outra medida a uma relação estática já existente. Neste diagrama os objetos também foram disponibilizados com o tempo metaforizado. No caso, exploramos a metáfora de duas cestas com a mesma quantidade de frutas.

Situação-problema: Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?

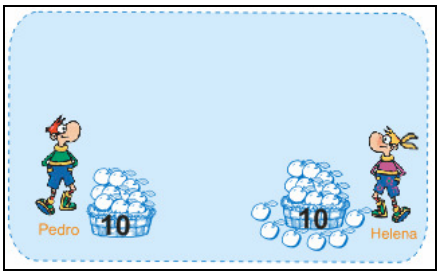


Figura 4.36 – Ajuda Desenho: categoria comparação

O diagrama usado na situação-problema que envolve a categoria mudança que pode ser observado na figura 4.37. Este diagrama apresentava invariante a ser mobilizado através do contraste de cores nas frutas para simular um decréscimo no estado inicial dando origem ao estado final.

Situação-problema: Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?

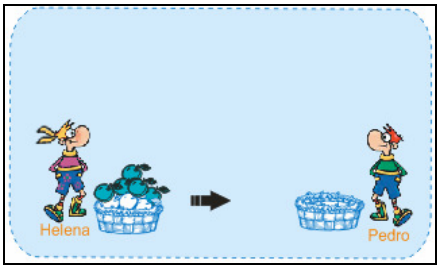


Figura 4.37 – Ajuda Desenho: categoria mudança

Para a situação-problema que envolve a categoria igualização o diagrama usado pode ser observado na Figura 4.38. Este diagrama mobiliza o invariante, no qual conhecida uma das medidas e sofrendo uma relação dinâmica de decréscimo pode ser conhecida a outra medida. Neste caso, usamos a metáfora de uma balança para sugerir o

invariante mobilizado que consistia numa relação dinâmica a partir da comparação entre as medidas

Situação-problema: Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?

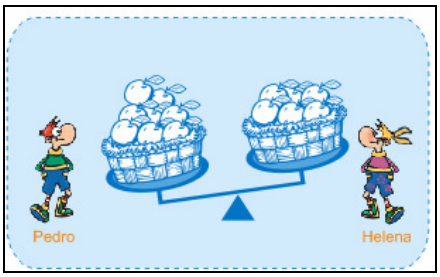


Figura 4.38 – Ajuda Desenho: categoria igualização

Para ficar mais claro a apresentação do protótipo consideramos relevante descrevermos como os requisitos encontrados foram incorporados ao *design* da interface, portanto a seguir apresentamos cada um deles de forma resumida.

A clareza e a inteligibilidade [req_01] presentes na interface foram exploradas através de uma linguagem simplificada e compatível com a faixa etária do usuário, explorando a Língua Portuguesa e a LIBRAS, ambas na forma escrita [req_19], integradas ao *design*, a redação das situações-problema e as mensagens de *feedback*. Também foram explorados alguns ícones representativos em LIBRAS [req_02] para facilitar a compreensão do usuário quanto à funcionalidade.

O requisito que se referia ao contraste de cores e/ou alerta visual [req_03] na sua totalidade, uma vez que encontramos dificuldade de simular esta funcionalidade por estarmos usando um protótipo de baixa fidelidade. Embora sua presença possa ser observada ao usarmos uma cor para cada nível e para cada tipo de ajuda, bem como o contrate para indicar o nível em que se encontra o usuário e a forma de ajuda selecionada.

Os concorrentes analisados interagiam com o usuário através de instruções apresentadas na forma escrita durante a execução do *software* ou através de um personagem que conversava com o usuário se valendo do recurso sonoro; ambos os casos não atendiam satisfatoriamente os usuários surdos, uma vez que o mesmo possui como língua natural a LIBRAS e como segunda a Língua Portuguesa, assim a possibilidade do modo simulação [req_04], no qual o usuário teria na tela uma reprodução de suas possíveis interações para dadas circunstâncias.

Esses quatro requisitos se referiam às especificidades da surdez e como podemos perceber, se forem incorporados a qualquer interface educativa obteremos resultados significativos quanto a interação.

A presença da metáfora de um supermercado e situações-problema envolvendo frutas, assim como a presença dos personagens nas mensagens de *feedback* e nas opções de ajuda, bem como, a qualidade gráfica do *design* da interface, contraste de cores para

diferentes fases e simulação de tempo real na interação tiveram o objetivo de atender em parte ao requisito de uso de recursos motivacionais [req_05].

Quanto ao requisito retomar ações realizadas [req_06], apresentamos na interface o botão *Confirmar* com a possibilidade de o usuário confirmar suas ações, no caso a resposta final, após as mensagens de *feedback* apresentadas.

A distribuição das tarefas de acordo com sua complexidade, ou seja, a presença de diferentes níveis [req_07] procurou atender a necessidade de respeitar os graus de experiência e de conhecimento em que se encontram os usuários, possibilitando que o uso do *software* se torne atrativo, também através da mudança de níveis de acordo com as habilidades do usuário.

O *feedback* fornecido através de mensagens [req_08] juntamente com as formas de ajuda disponibilizadas (material, algoritmo e diagrama) [req_14] e a compatibilidade desta ajuda com a categoria no campo das estruturas aditivas a que pertencia a situação-problema [req_16] tinham como proposta conduzir e auxiliar na aquisição de conhecimentos. As mensagens de *feedback* fornecidas aos usuários estava vinculada ao tipo de erro [req_17] cometido, relacional ou numérico, ou seja, para cada erro uma mensagem que auxiliaria encontrar a resposta correta

A manipulação de dois sistemas de sinais [req_13], sistema de numeração e os sinais + (mais) e – (menos), foram explorados na ajuda através do uso do algoritmo, no qual se apresentavam dispostos na tela os algarismos a serem usados pelos usuários para expressar seu raciocínio e os sinais para indicar a operação.

Ao explorarmos situações-problema na forma escrita, tanto em Língua Portuguesa como em LIBRAS, com o recurso da ajuda explorando o uso da metáfora de material concreto, algoritmo e diagramas pretendíamos disponibilizar ao usuário uma variedade de representações das estruturas aditivas [req_15], permitindo que uma compreensão mais ampla do conceito envolvido.

Quanto ao sistema posicional na resposta final [req_18] que tinha como proposta revisar conceitos básicos do sistema posicional numérico, bem como, orientar o usuário a colocar os algarismos no local a que correspondiam, foi explorado ao disponibilizarmos na tela um indicativo da dezena e da unidade na reposta final informada e confirmada pelo usuário.

Uma situação parecida também nos levou a não testar o modo de configuração e inclusão de atividades pelo professor [req_12], visto que nosso foco era validar o protótipo de baixa fidelidade junto aos usuários finais, ou seja, alunos surdos.

O modo relatório tanto para o professor [req_10] como para o usuário [req_11], dependia da identificação do usuário [req_09]. Somente incorporamos ao protótipo de baixa fidelidade e validamos a solicitação da identificação, uma vez que não pretendíamos testar os relatórios, embora ambos fossem confeccionados e avaliados pelos especialistas já mencionados neste estudo. Uma idéia inicial destes relatórios pode ser observada na Figura 4.39 e na Figura 4.40.

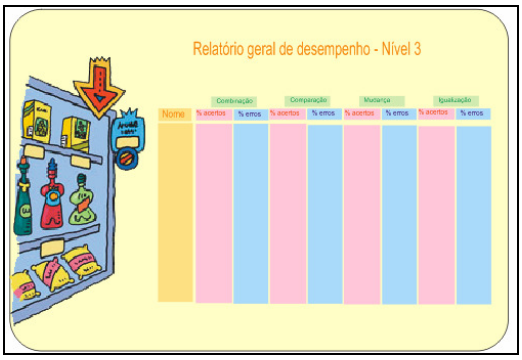


Figura 4.39 - Relatório do modo professor

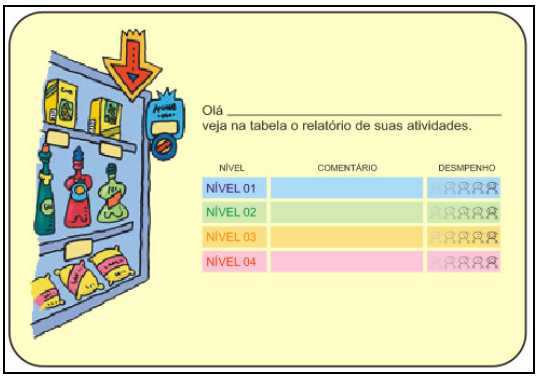


Figura 4.40 - Relatório do modo usuário

Ao incorporarmos os requisitos no protótipo da interface foi possível perceber que muitos se completavam, a exemplo os requisitos que exploravam o campo conceitual aditivo e poderiam ser usados em outras interfaces com o mesmo foco. Os requisitos que denominamos como gerais validaram a necessidade e relevância do uso da metodologia centrada no usuário.

4.7 Teste de usabilidade com o protótipo de baixa fidelidade

O teste de usabilidade é reconhecido por sua rigidez científica, embora seu sinônimo seja verificação da facilidade de uso por parte de usuário (Preece, Rogers e Sharp, 2005). Na realidade, trata-se de um método para verificar a facilidade de uso de uma interface por seus usuários finais.

O rigor aplicado a este teste exige que todos os seus documentos sejam cuidadosamente planejados para assegurar que todos os participantes sejam submetidos às mesmas condições, por isso adotamos o *script de orientações*, para que a equipe envolvida tivesse todos os procedimentos bem esclarecidos, não prejudicando nem comprometendo a coleta de dados.

A organização do teste inicia com a identificação do perfil dos usuários, que são convidados num número reduzido, mas representativos dos principais usuários. Segundo Schneiderman (1998) *apud* Preece, Rogers e Sharp (2005) o teste de usabilidade estuda um pequeno grupo de usuários que realizam tarefas pré-determinadas, porque o foco não são resultados estatísticos e sim de aperfeiçoamento rápido da interface.

O objetivo do teste de usabilidade é testar e avaliar o protótipo de baixa fidelidade construído com requisitos que emergiram da análise dos competidores e da observação de uso dos *software* concorrentes pelos usuários surdos, bem como, da avaliação dos especialistas. Essa parte da metodologia já compõe a fase final do *design* da interface.

4.7.1 Seleção das tarefas

Segundo Snyder (2003), as tarefas a serem executadas durante o teste de usabilidade compõem um dos aspectos mais importantes da avaliação, no caso deste estudo estávamos envolvendo situações-problema no campo das estruturas aditivas, por isso foi necessário definirmos que situações-problema estariam compondo nosso teste.

Para as pesquisadoras Borba e Santos (1997), as categorias gerais de problemas aditivos devem ser exploradas em suas subdivisões, uma vez que para cada uma delas diferentes processos mentais são necessários. Assim, consideramos necessário que o protótipo de baixa fidelidade fosse confeccionado com todos os seus níveis (1 a 4), evoluindo em grau de complexidade na apresentação e resolução das situações-problema.

Contudo definimos os tipos de situações-problema, representações e formas de ajuda que estariam compondo cada nível do protótipo, da seguinte forma:

- **Nível 1** – cada objeto é representado na forma direta à quantidade envolvida, portanto, conforme o especialista em Educação Matemática não houve necessidade de nenhuma forma de ajuda específica para os problemas apresentados devido ao baixo nível de complexidade exigido na resolução;
- **Nível 2 –** os objetos são representativos de uma quantidade maior ou valor, não apresentando relação direta entre o número de objetos e a quantidade envolvida no problema. Neste caso, assim como no Nível 1, também não houve necessidade de nenhuma forma de ajuda, uma vez que os problemas explorados apenas se diferenciavam do primeiro nível em razão da forma de representação envolvida;
- **Nível 3 –** este nível, além de explorar mais de um tipo de representação, também apresenta problemas com um nível mais complexo de dificuldades envolvendo as categorias apresentadas por Carpenter e Moser (1982). Além de disponibilizar três formas de ajuda: uso da metáfora de material concreto, algoritmo e diagramas conforme categoria explorada;
- **Nível 4 –** neste nível temos a continuidade do nível 3, mas com exigência de um compreensão maior, ou seja, a complexidade aumenta mais em relação ao nível anterior.

A definição dos problemas de combinação, comparação, mudança e equalização que estariam compondo o nível 3 e 4 foi feita a partir do estudo de Borba e Santos (1997), que estudaram as dificuldades de 17 alunos da 3ª série do ensino fundamental. Neste estudo, os pesquisados apresentaram erros de duas naturezas: incompreensão das relações implícitas na estrutura do problema – cálculo relacional – e procedimentos incorretos no uso do algoritmo – cálculo numérico. Segundo as autoras, este último demonstra compreensão do sistema de numeração decimal fragilizado.

No Quadro 4.4 apresentamos as categorias exploradas no nível 3 e suas respectivas situações conforme estudo de Borba e Santos (1997). Consideramos para este nível um percentual de erros cometidos quanto à estrutura em torno de 35%.

Quadro 4.4 – Classificação apresentada por Borba e Santos (1997) – Nível 3

Categorias	Situações do nível 3	% de erros quanto a estrutura
Combinação	Todo desconhecido	5,9
	Uma parte desconhecida	35,3
Comparação	Quantidade maior desconhecida – termo a mais	35,3
	Quantidade menor desconhecida – termo a menos	11,8
	Diferença desconhecida – termo a menos	11,8
Mudança	Resultado desconhecido e situação de acréscimo	5,9
	Resultado desconhecido situação de decréscimo	5,9
	Transformação desconhecida e situação de decréscimo	11,8
Igualização	Decréscimo na quantidade maior	17,6

No nível 4 deixamos as categorias e suas respectivas situações, também seguindo o estudo de Borba e Santos (1997), com percentual de erros cometidos quanto à estrutura acima de 40%, como podemos observar no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 - Classificação apresentada por Borba e Santos (1997) – Nível 4

Categorias	Situações do nível 3	% de erros quanto a estrutura
Comparação	Diferença desconhecida – termo a mais	64,7
	Quantidade menor desconhecida – termo a mais	82,4
	Quantidade maior desconhecida – termo a menos	82,4
Mudança	Transformação desconhecida e situação de acréscimo	52,9
	Parte inicial desconhecida e situação de acréscimo	52,9
	Parte inicial desconhecida e situação de decréscimo	58,8
Igualização	Acréscimo na quantidade maior	41,1

Para testar o protótipo de baixa fidelidade, descartamos os níveis 1 e 2 por apresentarem uma baixa complexidade e também porque não apresentam todos os requisitos gerados devido à dificuldade de resolução ser mais amena. E o Nível 4 por apresentar situações-problema mais complexas em relação aos níveis anteriores, que exigiriam um grau de compreensão maior por parte dos usuários.

Assim, optamos por aplicar o teste somente no Nível 3, visto que este, além de sua complexidade nas tarefas ser intermediária, também contempla as quatro categorias (Combinação, Comparação, Mudança e Igualização) apresentadas por Carpenter e Moser (1982) no campo das estruturas aditivas.

4.7.2 *Debriefing*

O *debriefing* trata-se de uma entrevista com o usuário, realizada no final do teste de usabilidade, o qual emite opiniões sobre as tarefas que acabou de executar (Nielsen, 1993).

Segundo Maguire (2001), esse teste tem o objetivo de capturar as impressões do participante, em relação ao protótipo, de forma subjetiva, baseado em suas experiências e contato direto com o protótipo.

Após o término de cada interação, apresentamos algumas questões aos participantes relativas à interação e ao *design* da interface. Essas questões (Anexo XV), embora sendo escritas numa linguagem mais simplificada, uma vez que estávamos entrevistando crianças, também foram interpretadas na LIBRAS pelo facilitador/intérprete.

4.7.3 Teste de usabilidade: piloto

Um estudo piloto permite prever e identificar problemas com antecedência, de maneira que em tempo hábil possam ser corrigidos (Preece, Rogers e Sharp, 2005). Assim, inicialmente pretendíamos verificar a viabilidade da aplicação do teste de usabilidade do protótipo de baixa fidelidade, mas acabamos incorporando os resultados ao protótipo de baixa fidelidade através do *re-design*.

Embora sendo um teste piloto e com usuários finais numa menor quantidade, os requisitos coletados puderam ser facilmente incorporados ao protótipo de baixa fidelidade sem muito esforço e foram de grande contribuição principalmente no que se referiram às formas de ajuda disponibilizadas.

4.7.3.1 Participantes

Para realização do teste piloto, foram convidados 2 alunos surdos, da 4ª série do Ensino Fundamental, da escola pública estadual de Ensino Fundamental e Médio completo, Engenheiro Lauro Diniz, na cidade do Recife, Pernambuco.

A escolha aconteceu aleatória na sala de aula, sem preocupação de definição de um perfil mais preciso, na realidade consideramos apenas que fossem surdos e se comunicassem em LIBRAS, identificados pelo facilitador/intérprete.

Os dois participantes eram do sexo masculino e apresentaram interesse em nos ajudar, após apresentarmos nossa proposta de estudo a toda sala de aula e à professora, em respeito à utilização do espaço.

Para mantermos a privacidade dos participantes optamos por identificá-los como aluno AP e aluno BP, cujas letras foram escolhidas a partir da seqüência de letras do

alfabeto e a letra "P", comum à identificação dos dois participantes, refere-se à palavra "piloto". Os participantes tinham 13 e 15 anos de idade, respectivamente.

4.7.3.2 Tarefas

A cada participante do teste piloto solicitamos que resolvesse quatro situações-problema do Nível 3, contemplando cada uma das quatro categorias (Combinação, Comparação, Mudança e Igualização).

Consideramos relevante apresentar nessa seção, além das situações-problema exploradas, os possíveis invariantes mobilizados em cada uma das resoluções.

Problema 1 – Combinação (*todo desconhecido)*

A situação-problema aqui explorada envolve a categoria *Combinação,* na qual há um relacionamento estático entre duas quantidades e suas partes. A situação específica explorada nesta categoria foi o envolvimento de duas quantidades para originar o todo. A situação-problema é apresentada no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Problema 1

Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?

O invariante mobilizado na resolução deste tipo de problema consistia em perceber que a junção de duas partes forma o todo (Quadro 4.7). Assim:

Quadro 4.7 – Invariante chave do problema 1

$\text{Card}(AUB) = \text{Card}(A) + \text{Card}(B),\ \textit{onde}\ A \cap B = \phi$

Nos problemas que requerem encontrar a sub-parte desconhecida esse invariante apresenta variações: Card(A) = Card(AUB) – Card(B).

Problema 2 – Comparação (quantidade maior desconhecida)

Esta categoria envolve uma situação-problema que apresenta uma comparação entre duas quantidades estáticas. Nesta situação-problema, exploramos a quantidade maior desconhecida envolvendo o termo "a mais", que pode ser observada no Quadro 4.8.

Quadro 4.8 – Problema 2

Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?

O invariante mobilizado na resolução consistia em identificar uma medida a partir da adição de outra medida a uma relação estática já existente (Quadro 4.9).

Quadro 4.9 – Invariante chave do problema 2

$M2 = M1 + Re,\ \textit{onde}\ M2 > M1$

Neste caso, existem outros tipos de invariantes que poderão ser mobilizados se outras variações forem exploradas (Re = M1- M2 ou M2 = M1 – RE).

Problema 3 – Mudança (resultado desconhecido)

A categoria *Mudança* explora situações-problema que envolvem um relacionamento dinâmico, que sofre alterações na quantidade inicial a partir de uma ação direta ou indireta, de aumento ou diminuição, no valor inicial. A variação desta categoria explorada envolvia um resultado desconhecido e uma situação de decréscimo. A situação-problema é apresentada no Quadro 4.10

Quadro 4.10 – Problema 3

Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?

O invariante mobilizado na resolução deste tipo de problema consistia em perceber que, conhecido o valor inicial e a transformação envolvendo um decréscimo, poderia ser obtido o valor final (Quadro 4.11).

Quadro 4.11 – Invariante chave do problema 3

VF = VI + T, *onde* VF > VI

Podem também aparecer outros invariantes ligados diretamente às variações da mesma situação (VF = VI – T ou VI = VF + T).

Problema 4 – Igualização (decréscimo na quantidade maior)

Nesta categoria *Igualização* temos uma situação-problema que envolve um relacionamento dinâmico no qual, a partir de uma comparação, quantidades são igualadas. A variação desta categoria explorada envolvia um resultado desconhecido e uma situação de decréscimo. A situação-problema é apresentada no Quadro 4.12.

Quadro 4.12 – Problema 4

Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?

O invariante mobilizado na resolução deste tipo de problema consistia em identificar a relação dinâmica a partir da comparação entre as medidas (Quadro 4.13).

Quadro 4.13 – Invariante chave do problema 4

Rd = M2 – M1, *onde* M2 > M1

O invariante neste caso é em função da determinação da relação dinâmica que se deseja determinar, pois tanto a quantidade maior quanto a menor são conhecidas.

Outros invariantes podem ser mobilizados se outras variações da situação forem exploradas (M2 = M1 + Rd e M1 = M2 + Rd).

4.7.3.3 Materiais

Para realização do teste piloto, foram necessários os seguintes materiais:

- Telas do protótipo impressas em papel A4 e partes móveis (Anexo VI);
- Um gravador de voz para ser usado pelo observador;
- Uma filmadora;
- Script de apresentação da equipe e da proposta do teste de piloto (Anexo VII);
- Script de orientação do teste piloto (AnexoVIII).

4.7.3.4 Procedimentos

Inicialmente a equipe (computador e facilitador/intérprete) responsável pela aplicação do teste piloto do protótipo revisaram o script de orientação. Ambos foram orientados para que tivessem segurança no desenvolvimento de seus papéis durante a realização do teste.

A pessoa que iria desempenhar a função de "computador" deveria ter claro que iria somente manipular as telas, mediante solicitação dos participantes. O objetivo era simular o comportamento da interface num sistema, mas sem dar explicações de como o mesmo se comporta.

Ao facilitador/intérprete, além de conhecer a LIBRAS, para interagir com os participantes do experimento, caso estes tivessem alguma dúvida, seria necessário que ele verbalizasse a interação com os participantes para que detalhes desta comunicação pudessem ser apreendidos pela filmagem.

A seguir, solicitamos autorização da professora responsável pela sala, para nos apresentarmos e explicarmos o propósito da pesquisa, bem como sensibilizar dois alunos surdos para a participação do teste. Entregamos o formulário de consentimento (Anexo IX) aos dois alunos interessados em participar para retornarmos numa nova data combinada previamente com a professora e os alunos

Na data combinada comparecemos para aplicação do teste piloto e organizamos a disposição física e do material a ser usado durante o teste. Na Figura 4.41 podemos observar a organização física da sala.

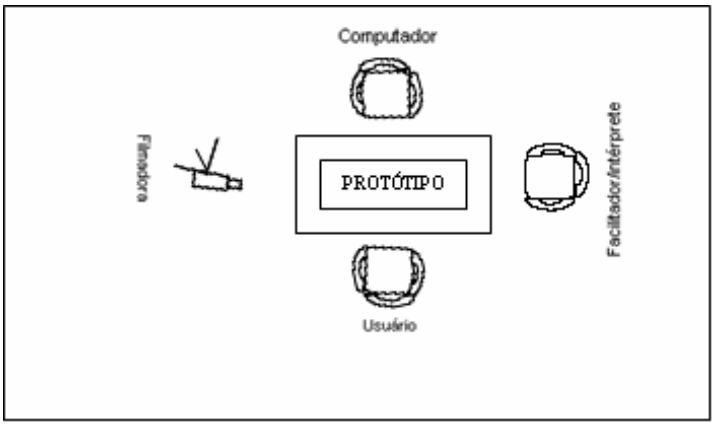


Figura 4.41 – Disposição dos participantes

Os voluntários do teste foram convidados individualmente a se acomodarem para prosseguirmos com a aplicação do teste. A seguir apresentamos as saudações e apresentação (Anexo VII) interpretadas em LIBRAS. Prosseguindo, solicitamos a entrega do formulário de consentimento (Anexo IX), e então iniciamos o teste de usabilidade piloto do protótipo de baixa fidelidade.

O facilitador/intérprete explicou os procedimentos que fariam parte da manipulação do protótipo, como por exemplo, forma de escolha das opções e manipulação das telas; não havendo dúvidas quanto a esses procedimentos, dava-se o início do teste.

Procuramos deixar claro, mais uma vez, que era o protótipo que estava sendo avaliado e não o desempenho do participante e, com isso, poderia se sentir a vontade para encerrar a participação no experimento a qualquer momento que desejasse.

Também informamos que nem sempre o participante receberia respostas às dúvidas levantadas em relação às situações-problema exploradas ou ao funcionamento da interface, uma vez que estávamos justamente avaliando a interação com a interface e os invariantes mobilizados para a resolução das situações-problema. E, finalmente, que os testes seriam filmados, mas o sigilo quanto a imagens e seus nomes seriam mantidos.

Os participantes foram orientados a justificar suas ações e interações com a interface, para que os dados, que posteriormente seriam analisados, obtivessem maior consistência.

Ao término de todas as atividades, a dupla participante do teste piloto do protótipo de baixa fidelidade recebeu agradecimentos finalizando a participação.

4.7.3.5 Forma de análise dos dados coletados

A vídeo-gravação do teste piloto foi assistida e transcrita para que as discussões dos dados pudessem dar mais visibilidade às evidências.

A análise dos dados transcritos gerou alterações efetivas na versão do protótipo usada no teste piloto, bem como um *re-design* da interface para uso no teste de usabilidade final a partir de novos requisitos.

Novamente usamos a ferramenta de avaliação, QSR NVivo 2.0 para análise qualitativa, visto que esta se apresentou muito satisfatória para uma análise anterior.

4.7.4 *Re-design* e teste de usabilidade da versão preliminar do protótipo de baixa fidelidade

Os dados coletados no teste de usabilidade piloto do protótipo de baixa fidelidade originaram um *re-design* no protótipo de baixa fidelidade. O *re-design* surgiu das necessidades encontradas no teste de usabilidade piloto do protótipo de baixa fidelidade gerando uma redesenho de algumas partes e reestruturações de outras a partir da interação dos participantes.

Assim o teste de usabilidade da versão preliminar do protótipo de baixa fidelidade, além de apresentar um número maior de usuários representativos deste grupo, permitiu que as alterações incorporadas pelo *re-design* pudessem ser avaliadas.

As tarefas aplicadas neste teste foram as mesmas usadas no teste de usabilidade piloto do protótipo de baixa fidelidade, embora o perfil dos participantes tenha sido redefinido, no sentido de habilidades com leitura do português escrito, que estaremos discutindo na seção resultados.

4.7.4.1 Participantes

Para realização do teste de usabilidade foram convidados outros 3 alunos surdos, da 4ª série do Ensino Fundamental, da escola pública estadual de Ensino Fundamental e Médio completo, Engenheiro Lauro Diniz, na cidade do Recife, Pernambuco. E outros 2 alunos surdos, da 4ª série do Ensino Fundamental, da escola pública estadual de Ensino Fundamental completo Colégio Padre Pedro de Souza Leão, na cidade de Ipojuca, Recife. Totalizando 5 alunos surdos da 4ª série do ensino fundamental.

A escolha de duas escolas oportunizou verificarmos se realidades educacionais oportunizadas em ambientes distintos poderiam influenciar o desempenho dos participantes, uma vez que a alfabetização em LIBRAS e em Língua Portuguesa ainda é recente em escolas públicas.

Previamente solicitamos que os alunos surdos interessados em participar do experimento respondessem a um questionário (Anexo IV), já aplicado em outro teste, que foi adaptado para ser respondido individualmente, e também consideramos relevante perguntar o tempo de experiência em LIBRAS, porque percebemos em teste anterior, através do facilitador/intérprete, que muitos dos participantes não possuíam a LIBRAS e sim uma comunicação gestual espontânea.

Também solicitamos a familiaridade com o uso de recursos computacionais e habilidade para manipular mouse e teclado, mesmo estando testando um protótipo de baixa fidelidade. Essa exigência se fez necessária porque precisávamos perceber aspectos da interação.

A necessidade de identificarmos habilidade com a leitura e interpretação do Língua Portuguesa escrita gerou um outro instrumento (Anexo X), elaborado com a ajuda do especialista em LIBRAS, também determinante para a participação no teste.

Para dar privacidade aos participantes eles foram identificados por D, E, F, G, H. Conforme quadro 4.14 que apresenta as principais características das crianças envolvidas no experimento segundo escola, sexo, idade, escolaridade e experiência com LIBRAS.

Quadro 4.14 – Características do perfil dos participantes do experimento

Participantes	D	E	F	G	H
Escola	Lauro Diniz	Lauro Diniz	Lauro Diniz	Padre Pedro	Padre Pedro
Sexo	F	M	M	F	F
Idade	18 anos	16 anos	15 anos	18 anos	17 anos

Escolaridade	4ª série	4ª série	4ª série	4ª série	4ª série
Experiência com LIBRAS	5 anos	4 anos	2 anos	10 anos	7 anos

A aplicação do teste de usabilidade foi num espaço cedido pelas próprias escolas, no qual toda a infra-estrutura para o teste foi montada.

4.7.4.2 Tarefas

As tarefas aplicadas no teste de usabilidade da versão preliminar do protótipo de baixa fidelidade foram as mesmas estipuladas no teste piloto do protótipo de baixa fidelidade, bem como os invariantes mobilizados. Assim julgamos não ser necessário descrevermos novamente.

A única alteração foi que, a partir do teste piloto, verificamos a possibilidade de apresentarmos as tarefas em duas ordens: baixa complexidade para alta complexidade e alta complexidade para baixa complexidade.

Também percebemos que no teste piloto os participantes tinham dificuldade em ler e interpretar a tarefa, então disponibilizamos as tarefas em Língua Portuguesa escrita e, caso o participante continuasse com dificuldade, a tarefa seria apresentada em LIBRAS, na forma escrita, e, se continuasse a dificuldade, o facilitador/intérprete faria a interpretação para a LIBRAS.

4.7.4.3 Materiais

Para realização do teste de usabilidade foram necessários os seguintes materiais:

- Telas do protótipo impressas em papel A4 e partes móveis (Anexo XII);
- Uma filmadora;
- *Script* de apresentação da equipe (Anexo VII) que estará acompanhando teste de usabilidade e da proposta do experimento;
- Teste de verificação de interpretação e compreensão da Língua Portuguesa escrita (anexo X);
- Questionário de identificação do perfil do participante (Anexo IV) para coletar informações sobre o perfil dos participantes;
- *Script* de orientação do teste de usabilidade (Anexo XI);
- Formulário do teste de aceitação (Anexo XV).

4.7.4.4 Procedimentos

Os procedimentos iniciais do teste de usabilidade, como: organização da sala, orientações à equipe, recolhimento do formulário de consentimento (Anexo IX), disposição física da sala, apresentação e saudações permaneceram de forma quase idêntica ao teste de usabilidade piloto do protótipo de baixa fidelidade, assim não julgamos necessários explicitarmos novamente todos os procedimentos.

Consideramos relevante a partir dos resultados do teste piloto oferecermos um treinamento da versão preliminar do protótipo de baixa fidelidade uma vez que percebemos insegurança nos participantes quando os mesmos precisavam interagir com

a interface, embora tivéssemos apresentado todas as funcionalidades da mesma anteriormente.

Esse treinamento consistiu numa apresentação de uma situação-problema, que não fazia parte das exploradas no teste em si, no qual facilitador/intérprete e Computador apresentavam pausadamente todas as possibilidades de interação, por exemplo, se o participante escolhesse a ajuda envolvendo material concreto. Mesmo assim, após a conclusão da tarefa, era apresentada a ajuda na forma de algoritmo e de diagrama. O objetivo era oferecer mais subsídios e verificar a compreensão pelos participantes de todas as funcionalidades presentes no protótipo. A duração média deste treinamento foi de 40 minutos por participante.

4.7.4.5 Forma de análise dos dados

As filmagens geradas no teste de usabilidade da versão preliminar do protótipo de baixa fidelidade foram assistidas e, para que as discussões pudessem dar mais visibilidade às evidências, foram transcritas e analisadas com o uso da ferramenta QSR NVivo 2.0 usada para análise qualitativa.

A análise dos dados coletados permitiu um novo *re-design* culminando na última versão do protótipo de baixa fidelidade.

Assim a metodologia de *design* centrado no usuário procurou desenvolver o protótipo baseado nas necessidades do usuário que foram coletadas através da análise dos competidores e da observação de uso dos *software* concorrentes, avaliação de especialistas na área de Educação Matemática e LIBRAS e posteriormente pelos usuários através dos testes de usabilidade.

Os resultados encontrados, bem como as versões dos protótipos serão apresentados de forma a esclarecer a necessidade de várias versões do mesmo protótipo.

5 Resultados

Este capítulo tem o objetivo de discutir e apresentar os resultados do teste de usabilidade do protótipo de baixa fidelidade, após ter passado por alguns *re-design* e pela avaliação dos especialistas.

Uma vez que incorporamos os requisitos a um protótipo de baixa fidelidade se fez relevante validar se atendia ao objetivo do estudo, que foi projetar uma interface educativa que explorasse de forma eficaz o campo conceitual aditivo através de situações-problema variadas.

5.1 Teste de usabilidade do protótipo de baixa fidelidade

O teste de usabilidade procura avaliar o desempenho dos usuários típicos na resolução de tarefas cuidadosamente preparadas, por conseqüência típicas daqueles para os quais o sistema foi projetado (Preece, Rogers e Sharp, 2005).

No caso deste estudo, procuramos identificar além das funcionalidades confirmadas pelos requisitos também os invariantes mobilizados no uso de estratégias para a resolução das situações-problema por parte dos usuários e a contribuição das formas de ajuda nesta perspectiva.

Para atender esta necessidade, organizamos os dados coletados nos testes em protocolos de transcrição das filmagens e partimos para uma análise considerando as categorias das situações-problemas envolvidas, os invariantes mobilizados e as formas de ajuda (Figura 5.1).

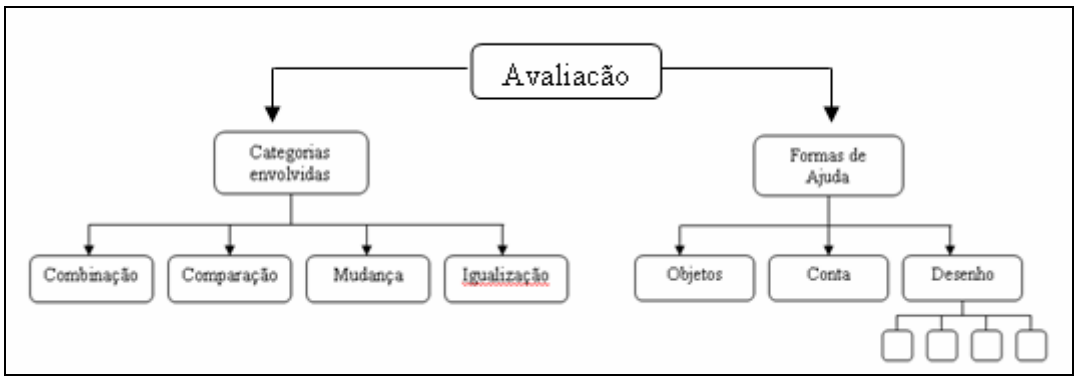


Figura 5.1 - Categorias de análise

Ao longo da explanação dos resultados estaremos apresentando alguns fragmentos da transcrição dos dados para embasar os resultados encontrados. Para facilitar o entendimento das transcrições utilizamos alguns sinais (Quadro 5.1)

Quadro 5.1 – Sinais usados nos protocolos de transcrição dos dados

Sinal	Descrição
AP, AB, PE, PF, PG, PH	Diálogo dos participantes

F/I	Diálogo do facilitador/intérprete
C	Diálogo do "computador"
( )	Comentário do analista
[ ]	Situação-problema explorada em Língua Portuguesa escrita
{ }	Situação-problema explorada em LIBRAS escrita

Consideramos relevante apresentar os diálogos em Língua Portuguesa escrita com exceção do diálogo do participante que se comunicava especificamente em LIBRAS, este foi apresentado em LIBRAS na forma escrita. Embora o facilitador/intérprete tenha se comunicado em LIBRAS com o participante e verbalizado sua interação, consideramos relevante deixar na forma verbalizada uma compreensão mais clara durante a análise.

A seguir discutiremos cada invariante chave de acordo com a situação-problema envolvida.

5.1.1 Teste piloto de usabilidade do protótipo de baixa fidelidade

O estudo piloto de usabilidade permitiu o *re-design*, gerando uma outra versão do protótipo. Este teste contribuiu para verificarmos se todas as funcionalidades que pretendíamos explorar e a forma de apresentação criada atenderiam as expectativas deste estudo. Na realidade era uma revisão de toda a aplicação do teste de usabilidade, que oportunizou dados tão importantes que estaremos esclarecendo a seguir.

No teste piloto conseguimos identificar algumas necessidades como:

- Apresentação da escrita em LIBRAS das tarefas;
- Formas de ajuda disponibilizadas com metáfora de tempo;
- Uso prévio da protótipo;
- Feedback para o usuário.

5.1.1.1 Apresentação das tarefas em LIBRAS na forma escrita

Inicialmente percebemos uma dificuldade na leitura e compreensão do enunciado de cada situação-problema, visto que o facilitador/intérprete precisava intervir com a interpretação de cada enunciado atendendo a solicitação do participante.

Como nossos usuários são pessoas que possuem como primeira língua a LIBRAS e como segunda língua a Língua Portuguesa escrita, ficou clara a necessidade de respeitarmos este ponto.

Nos discurso abaixo, podemos perceber claramente a constante intervenção do facilitador/intérprete ao ser solicitado pelo participante ao não conseguir ler e/ou interpretar os enunciados que se encontravam escritos em Língua Portuguesa. Observe:

Quadro 5.2 – Fragmento 1 do teste de usabilidade: piloto

Fragmento: 1 Problema 1: Participante: AP
[Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?]

(AP observa o problema e parece não compreender o que está escrito) F/I: Você conhece estas palavras? AP: CONHECER. (AP tenta ler novamente o problema, procurando por palavras com o dedo, mas permanece sem ação. O facilitador/intérprete torna a insistir.) F/I: Você poderia explicar o que está escrito? AP: TER LARANJA. (AP apresenta para todo o enunciado somente dois sinais em LIBRAS)

Quadro 5.3 – Fragmento 2 do teste de usabilidade: piloto

Fragmento: 2 Problema 2: Participante: BP
[Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?] (BP demonstra-se sem ação como se não compreendesse o enunciado. O F/I intervém). F/I: Você conhece estas palavras? BP: CONHECER-NÃO. CONHECER "10" "6". F/I: Vou interpretar em LIBRAS para você. (F/I começa a interpretar em LIBRAS para que BP possa entender o que está escrito.) BP: ENTENDER AGORA.

A intervenção quanto à interpretação do facilitador/intérprete ficou muito evidente nos diálogos. Julgamos aqui ser conveniente apresentarmos somente esses dois fragmentos, que são indicativos da relevância de incorporar ao protótipo a apresentação dos enunciados em LIBRAS na forma escrita. Surgindo outro requisito:

> **[REQUISITO_19] O software deve dispor da possibilidade de apresentar as atividades em LIBRAS na forma escrita**
>
> Este requisito refere-se à possibilidade do usuário ter acesso a sua primeira língua na forma escrita.
>
> A necessidade de respeitar as especificidades oriundas da surdez quanto a interação se faz necessária em qualquer interface, uma vez que o *design* tem o objetivo de proporcionar uma interação do usuário sem dispersar sua atenção do foco principal, a aprendizagem de conceitos.

5.1.1.2 Ajuda disponibilizada com metáfora de tempo

Inicialmente os diagramas disponibilizados na ajuda possuíam os objetos na forma estática, ou seja, não exploramos a metáfora do tempo, embora seja perfeitamente possível e aconselhável usarmos este recurso no desenvolvimento do sistema. Acontece que, como estávamos trabalhando com uma versão do protótipo, não percebemos esta necessidade imediata, mas com o teste piloto conseguimos rever este ponto a tempo.

Nos diálogos dos participantes podemos perceber que somente os diagramas não eram representativos dos invariantes que deveriam ser mobilizados. Observe:

Quadro 5.4 – Fragmento 3 do teste de usabilidade: piloto

Fragmento: 3 Problema 4: Participante: AP
[Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas

precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?]
(AP observa parece tentar ler. Olha demoradamente. Demonstra entender a questão, pois gesticula com as mãos separando os valores para cada lado.)
AP: “6” “9”
(Neste momento P separa os valores no espaço: coloca 6 no seu lado direito e 9 no seu lado esquerdo)
AP: 15.
F/L: Tem certeza? Leia novamente.
(AP começa a ler novamente. E pede ajuda na forma de diagramas)
(O “computador” apresenta a ajuda na forma de diagrama correspondente a esta situação-problema, ou seja, a metáfora de uma balança em desequilíbrio. Na qual do lado esquerdo tem 9 laranjas, correspondente a Pedro e do lado direito, 6 laranjas, correspondente a Helena.)
AP: Entender.
(AP explica que entende se tratar de uma balança, mas permanece sem ação. Então o facilitador/intérprete interfere.)
F/I: Como faz para ficar igual?
F/I: Aqui tem 9. Ali tem 6.
AP: SOMAR? DIMINUIR?
F/L: Não posso dizer.
(P pede ajuda novamente.)
(O “computador” sobrepõe as cestas da balança, que já estavam com as laranjas, outros objetos e tenta simular o desequilíbrio em função do peso.)
(AP pensa um momento dá retorno com a resposta correta.)
AP: ENTENDER. AGORA.
AP: 3.

Quadro 5.5 – Fragmento 4 do teste de usabilidade: piloto

Fragmento: 4 Problema 2: Participante: BP
[Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?] (BP pede ajuda na forma de diagrama) (O “computador” apresenta a ajuda na forma de diagrama correspondente a esta situação-problema. No qual aparecem dois sacos, no primeiro tem o personagem Pedro e a quantidade de 10 laranjas e no outro tem a personagem Helena, com a mesma quantidade acrescida de 6 laranjas.) BP: ENTENDER-NÃO. (O “computador” torna a apresentar a ajuda novamente, mas desta vez substitui os objetos que estavam somente na forma de desenho por outros apresentados em tempo real.) BP: ENTENDER. 16.

Nestes dois diálogos fica clara a necessidade da apresentação dos objetos com o tempo metaforizado, mesmo se tratando de um protótipo. Esse ponto também estará sendo revisto no protótipo do teste de usabilidade final.

5.1.1.3 Uso prévio do protótipo

A apresentação do protótipo antes do teste, bem como de seus objetos era explorado como podemos observar no *script*, que do ponto de vista do pesquisador atenderia as necessidade do usuário quanto à compreensão das funcionalidades do protótipo de baixa fidelidade.

O teste piloto contribui, porque verificamos um sentimento de ansiedade nos participantes em compreender a manipulação do protótipo e a forma como poderia interagir com o mesmo. Observe fragmentos do discurso:

Quadro 5.6 – Fragmento 5 do teste de usabilidade: piloto

Fragmento: 5 Problema 2: Participante: BP
(O facilitador/intérprete começa a apresentação do protótipo.) F/I: Se parece muito com as telas do computador, mas não é. É em papel. BP: CERTO. ENTENDER. F/I: Você pode começar a usar. (BP observa durante alguns minutos. A expressão facial de BP demonstra estar confuso e perdido.) F/I: Você entendeu? BP: SIM. (BP continua sem ação nenhuma frente à tela do protótipo. Neste ponto BP já deveria ter identificado na tela a palavra ENTRAR e a escolhido, para dar inicio ao teste. Então o facilitador/intérprete intervém mais uma vez.) F/I: Você entendeu? BP: ENTENDER-NÃO.

Neste discurso fica clara a falta de compreensão por parte dos participantes, mesmo com a intervenção do facilitador/intérprete. Assim optamos por previamente treinarmos os participantes do experimento, envolvendo outras situações-problema, para que todos se sentissem mais seguros no manuseio do protótipo.

5.1.1.4 *Feedback* para o usuário

Previamente foram definidos alguns *feedback* que seriam proporcionados durante a resolução das situações-problema por parte dos participantes. Nesta fase tinham contribuído os especialistas – educação matemática e LIBRAS. As mensagens eram disponibilizadas na forma de nuvens em cima da resposta que o participante havia confirmado.

Ainda assim percebemos a necessidade de algumas alterações no sentido de sermos mais objetivos na mensagem e apresentarmos mais clareza na escrita no teste final de usabilidade, uma vez que já havíamos identificado dificuldades com a interpretação de palavras escrita em Língua Portuguesa.

5.1.1.5 Discussão dos resultados do teste piloto

Na versão do protótipo que seria usada no teste final de usabilidade consideramos relevantes as seguintes alterações que foram de fundamental contribuição em mais uma versão do protótipo.

A apresentação do enunciado das situações-problema em LIBRAS escrita foi muito relevante, porque além de facilitar a interação estávamos respeitando a comunicação do surdo.

A disponibilidade da ajuda com a metáfora de tempo permitiu que os objetos e a ajuda explorassem os recursos de animação, embora não tão atrativos como numa interface de um sistema.

O treinamento prévio dos participantes proporcionando uma maior segurança e liberdade para interagir com o protótipo, resultando em dados para o pesquisador mais consolidados.

5.1.2 Teste usabilidade da versão preliminar do protótipo

O teste de usabilidade da versão preliminar do protótipo de baixa fidelidade procurou avaliar os seguintes itens:

- Invariantes mobilizados na resolução;
- Formas de apresentação da escrita das tarefas;
- Formas de ajuda disponibilizadas;
- *Feedback* para o usuário.

5.1.2.1 Análise dos invariantes mobilizados pelos usuários na resolução das situações-problema

Nesta análise, investigamos os invariantes mobilizados pelos participantes na resolução das situações-problema perceptíveis em seus diálogos. Para tanto, organizamos cada invariante de acordo com a categoria de exploração, especificando a situação envolvida.

Problema 1 – Combinação (variação: todo desconhecido)

Este invariante consistia no participante perceber que a união de duas partes forma o todo e este pode ser obtido pela soma das partes. Este raciocínio foi observado no discurso do participante PF, embora tenhamos percebido dificuldade do mesmo expressar como chegou a tal resposta.

Quadro 5.7 – Fragmento 6 do teste de usabilidade

Fragmento 6: Problema 1: Participante PF
[Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?] PF: 21. F/I: Por quê? Como você encontrou esta reposta? PF: “MENINO” “MENINA” “15” “6” “MAIS” (Apresenta os sinais em LIBRAS e mostra o algoritmo no espaço: 15 em cima e 6 embaixo do 5 com o sinal aditivo ao lado do 1) F/I: Como? Não entendi. (PF apresenta uma explicação muito simplista, então F/I tenta extrair mais informações.) PF: JUNTAR LARANJA 15. JUNTAR LARANJA 6. TUDO 21. TUDO.

(PF faz sinal em LIBRAS para esclarecer que juntou a parte de Pedro com a parte de Helena) F/I: Agora entendi.

Observamos neste discurso que PF apresentou uma explicação objetiva demais e precisamos da intervenção do facilitador/intérprete para podermos compreender se havia mobilizado o invariante correto. No seu discurso encontramos indícios através das palavras usadas em LIBRAS para justificar sua ação (JUNTAR, TUDO), que nos permite entender que mobilizaram o invariante corretamente.

Num outro fragmento, Quadro 5.8, podemos perceber que o participante PD também mobiliza o invariante corretamente quando justifica a resolução ao facilitador/intérprete e aparecem no seu discurso o sinal JUNTAR, ao se referir quantidade de laranjas de Pedro e Helena.

Quadro 5.8 – Fragmento 7 do teste de usabilidade

Fragmento7: Problema 1: Participante PD
[Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?] (PD observa demoradamente o enunciado.) PD: LARANJA. MULHER. FRUTA. 15. NÃO ENTENDER. (PD se refere ao enunciado escrito em Língua Portuguesa.) (“Computador” substitui o enunciado pelo escrito em LIBRAS.) PD: SOMAR? F/I: Não posso responder. (PD fica pensativo. Depois conta nos dedos a partir do número 15.) PD: 21. F/I: Como você encontrou esse resultado? PD: PEDRO 15. HELENA 6. JUNTAR 21. (PD explica que Pedro tem 15 posicionando-o espacialmente do lado esquerdo. Helena tem 6 posicionando-a espacialmente do lado direito. A seguir faz o sinal de JUNTAR no centro do espaço entre os dois personagens. Então responde que os dois juntos tem 21 laranjas.

Nestes dois fragmentos percebemos que os participantes se referem a duas partes, no caso a quantidade de laranjas de Pedro e Helena, que juntas formam o todo. Essa compreensão é fundamental para a resolução deste tipo de situação-problema.

Nem sempre o participante demonstrou compreender o invariante que estava mobilizando. No Quadro 5.9, observamos que o participante PH não apresenta segurança nem clareza ao ser questionado pelo facilitador/intérprete quando solicitado a justificar sua ação.

Quadro 5.9 – Fragmento 8 do teste de usabilidade

Fragmento 8: Problema 1: Participante PH
[Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?] (PH observa demoradamente o enunciado da situação-problema e não apresenta nenhuma reação.) F/I: Você conhece estas palavras?

(PH balança negativamente a cabeça) (“Computador” apresenta a mesma situação-problema escrita em LIBRAS) (PH continua sem ação, como se não conseguisse compreender o que esta escrito) F/I: Você quer que eu interprete em LIBRAS? PH: Sim. (Após F/I interpretar PH demora um pouco e começa a contar nos dedos. Se perde na contagem e recomeça a contar 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21) PH: 21. F/I: Como você encontrou esse resultado? PH: SOMAR. F/I: Não entendi. Explique-me como você encontrou esse resultado. PH: SOMAR. SÓ. (PH parece chateado porque o facilitar/intérprete finge não entender como chegou a resposta final. E torna a repetir a explicação.) PH: IDÉIA. FÁCIL.

Podemos perceber neste discurso que o participante encontrou a resposta correta, mas não consegue expressar uma justificativa para usar esse raciocínio, tanto que usa o termo IDÉIA para se isentar de mais explicações.

Uma justificativa pode ser a defasagem em seu processo de alfabetização que repercute em sua comunicação. Outra justificativa seria porque o participante não apresente habilidade em justificar suas estratégias de resolução, em virtude da falta de estímulo por parte dos professores para refletir sobre suas ações (Kelly, Lang e Pagliaro, 2003a).

Problema 2 – Comparação (variação: quantidade maior desconhecida)

Para este invariante, o participante deveria identificar que a quantidade maior (M2) surgia a partir de soma da quantidade menor (M1) acrescida de uma relação estática.

Encontramos este invariante mobilizado corretamente também nos diálogos de PD, PF, PG e PH. A seguir, estaremos apresentando os fragmentos de dois participantes para elucidar o fato.

No discurso do participante PE percebemos indícios de que mobilizou o invariante adequado. Através dos sinais em LIBRAS presentes em seu discurso no qual coloca que Pedro e Helena possuem as mesmas quantidades, referindo-se à comparação entre as quantidades dos personagens. É possível perceber que a quantidade de laranjas de Helena é determinada em função do valor de uma outra quantidade, no caso a quantidade de laranjas de Pedro envolvendo a relação.

Quadro 5.10 – Fragmento 9 do teste de usabilidade

Fragmento 9: Problema 4: Participante PE
[Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?] PE: 16. F/I: Por quê? Como você encontrou esta resposta? PE: “10” “6” “+” “16”

(PE organiza o algoritmo no espaço. E tenta justificar sua estratégia.) PE: PEDRO IGUAL HELENA. IGUAL. DEPOIS HELENA 6 MAIS. 16.

No discurso de um outro participante, podemos perceber que inicialmente ele apresenta dificuldade em encontrar a resposta final, mas após solicitar a ajuda na forma de diagrama é possível verificar em seu discurso que mobilizou o invariante corretamente.

Quadro 5.11 – Fragmento 10 do teste de usabilidade

Fragmento 10: Problema 4: Participante PG
[Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?] PG: CONTA CIMA? BAIXO? (PG refere-se a somar ou diminuir.) F/I: Não posso responder. (PG continua pensando por instantes e depois pede a ajuda na forma de diagramas.) ("Computador" mostra uma cesta com a figura do personagem Pedro e o número 10 indicando a quantidade de laranjas do mesmo. A seguir, mostra uma cesta idêntica com a personagem Helena.) PG: PEDRO. HELENA. IGUAL. ("Computador" acrescenta 6 laranjas a cesta de Helena.) (PG fica pensativo e depois usa os dedos para contar.) PG: 16. F/I: Como você encontrou esta resposta? (PG justifica sua estratégia.) PG: HOMEM MULHER IGUAL. MULHER 6 MAIS. MULHER LARANJA 16. (P esclarece que os personagens têm a mesma quantidade. Depois coloca que a personagem Helena tem a quantidade de Pedro acrescida de 6.)

Podemos perceber que o participante PG, assim como o participante PE, mobilizaram o invariante correto. Inclusive o participante PG explora sua estratégia para resolução por etapa ao expressar que os dois personagens inicialmente apresentam a mesma quantidade, idéia de comparação, e depois uma das quantidades sofre variação, resultando numa outra quantidade.

Problema 3 – Mudança (resultado desconhecido)

Neste invariante era solicitado que o participante identificasse o valor final a partir do decréscimo entre o valor inicial e a transformação.

Este raciocínio foi identificado corretamente através do fragmento dos diálogos de quatro dos participantes: PD, PE, PF, PG. Embora a colocação dos participantes pareça simplificada, em função da comunicação gestual possuir um vocabulário reduzido, os diálogos a seguir deixam claro a mobilização do invariante correto.

Quadro 5.12 – Fragmento 11 do teste de usabilidade

Fragmento 11: Problema 3: Participante PE
[Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?] PE: 3.

F/I: Por quê? Antes a conta era de mais, agora como você encontrou esta reposta?
PE: COMEÇAR MULHER 8. DAR HOMEM. MULHER 3.
(PE justifica sua estratégia apresentando nos dedos das mãos que tinha Helena tinha 8, coloca o sinal em LIBRAS de passado, e depois deu 5, ficando no final, coloca o sinal em LIBRAS de futuro, só com 3.)

No discurso do participante PF, também é possível perceber a mobilização do invariante corretamente. O participante faz referência ao estado inicial e final, usando o sentido adequadamente através dos sinais em LIBRAS, através das palavras COMEÇAR, TERMINAR, referindo-se ao estado inicial e ao estado final, que sofre um decréscimo/transformação (DAR).

Quadro 5.13 – Fragmento 12 do teste de usabilidade

Fragmento 12: Problema 3: Participante PF
[Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?] (PF pensa demoradamente. Após usa os dedos para chegar a resposta.) PF: 13. ("Computador" apresenta *feedback* para que P reveja seu cálculo.) PF: ENTENDER. PF: COMEÇAR HELENA 8. DAR PEDRO. PF: 3. F/I: Por quê? Antes você havia somado e agora subtraiu? Como encontrou a reposta certa? PF: ATENÇÃO. (PF se refere ao fato de não ter prestado atenção ao problema.) PF: COMEÇAR HELENA 8. DAR 5. HELENA 3 TERMINAR. (PF também justifica apresentando nos dedos das mãos que tinha 8 e tirou 5, ficando só com 3.)

Problema 4 – Igualização (decréscimo na quantidade maior)

Para usar este invariante o participante deveria perceber que existia uma relação dinâmica a partir do decréscimo de duas quantidades, onde M2 era a quantidade maior e M1 a quantidade menor.

Este invariante foi percebido em dois participantes PE e PF. No discurso de PE observamos uma justificativa usando a idéia de igualização ao referir-se que os dois personagens ficariam com a mesma quantidade de laranjas, se fosse retirado de Helena 3 laranjas.

Quadro 5.14 – Fragmento 13 do teste de usabilidade

Fragmento 13: Problema 4: Participante PE
[Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?] PE: 3. F/I: Por quê? Como você encontrou esta reposta? PE: "9" "6" "3". FÁCIL. IDÉIA.

(PE mostra com os dedos das mãos que tinha 9 e tirou 6. Então a resposta é 3) PE: PEDRO. HELENA. IGUAL. PE: TIRAR 3. HELENA 8.

No discurso do participante PF percebemos que a ajuda na forma de diagrama contribuiu para que o mesmo compreendesse o invariante mobilizado. O participante PF usa a palavra ENCONTRAR, para expressar que os dois personagens precisam ficar com a mesma quantidade (igualização), precisando realizar um decréscimo na quantidade do personagem Pedro. Observe:

Quadro 5.15 – Fragmento 14 do teste de usabilidade

Fragmento 14: Problema 4: Participante: PF
[Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?] (PF usa o dedo para ler novamente o enunciado. Pensa demoradamente e responde.) PF:15. ("Computador" apresenta o *feedback* alertando que deverá calcular novamente, pois seu raciocínio está incorreto.) PF: PEDRO. HELENA. LARANJA. IGUAL. PF: TIRAR PEDRO. PF: CERTO? F/I: Não posso responder. P: 3. F/I: Por quê? Como você encontrou esta resposta? PF: "TER 9 6. 9 ENCONTRAR 6. TIRAR. 3. (PF tenta esclarecer que os dois personagens precisam ter a mesma quantidade, assim usa o termo "ENCONTRAR" para se referir a igualizar.)

5.1.2.2 Análise das formas de apresentação da escrita das tarefas

Os enunciados das situações-problema explorados no teste piloto foram apresentados em Língua Portuguesa Escrita, seguindo as orientações de um especialista em LIBRAS. Após o teste piloto conseguimos identificar que somente esta forma de apresentação não era suficiente, então disponibilizamos os enunciados, também em LIBRAS na forma escrita.

Esta outra forma de apresentação dos enunciados contribuiu muito na interação do participante no que se refere à resolução. Embora o participante PG apresentasse excelente desempenho na compreensão e resolução, uma vez que não usou nenhuma das formas de ajuda nem mesmo do texto em LIBRAS escrito, e ainda assim acertou todas as situações-problema, mesmo sendo apresentada em Língua Portuguesa escrita.

Aos demais participantes: PD, PE, PF, PH, neste teste final, foi necessário apresentar em LIBRAS escrito (sem preposições, pronomes, conectivos, apresentando os verbos no infinitivo), como forma de facilitar a interpretação e viabilizar com autonomia, para alguns, a compreensão do enunciado, o que se tornou relevante e determinante na solução da situação-problema, este dado se observa no discurso de PD.

Quadro 5.16 – Fragmento 15 do teste de usabilidade

Fragmento 15: Problema 2: Participante PD
[Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?] {MENINO COMPRAR 10 LARANJA. MENINA COMPRAR 6 MAIS. MENINA COMPRAR QUANTO? CONTA?} PD: MENINO LARANJA 10 MENINA 6 (Lê as palavras usando datilologia - letra por letra. Parece não conhecer algumas palavras nem o sinal em LIBRAS) F/I: Você conhece essas palavras? (Refere-se a situação-problema escrita em Língua Portuguesa) PD: CONHECER. ("Computador" substitui por situação-problema escrita em LIBRAS. PD começa a ler novamente, mas diminui a datilologia e passa a interpretar tudo que está escrito em LIBRAS) e responde a questão corretamente. PD: 16. (PD usa os dedos para chegar a reposta correta.)

Podemos observar, neste caso, que a supressão de conectivos como "com", "que", algumas conjunções e a apresentação do verbo no infinitivo, respeitando a estrutura gramatical da LIBRAS, favorece a leitura e a interpretação. Muito embora algumas palavras como "quanto" parecesse não pertencer ao vocabulário dos surdos. Observe este fato no discurso de PG.

Quadro 5.17 – Fragmento 16 do teste de usabilidade

Fragmento 16: Problema 3: Participante PG
[Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?] {MENINA LARANJA TER 8. MENINO NÃO TER. MENINA DAR MENINO 5. QUANTO MENINA TER? CONTA?} PG: Q-U-A-N-T-O? CONHECER-NÃO. (PG refere-se a palavra "quanto" escrita em LIBRAS) (F/I apresenta o sinal em LIBRAS num outro contexto – CONTA) F/I: C-O-N-T-A.

Um dos motivos para este tipo de dificuldade pode ser a adaptação à linguagem, bem como, da filosofia educacional bilingüista que ora o aluno surdo passa. Para Silva A. (2005), a mudança do oralismo para o bilingüismo passou a repercutir decisivamente na construção da identidade e autonomia do surdo, embora uma lacuna ainda seja percebida quando os surdos terminam a educação básica e não conseguem ler ou escrever fluentemente nem apresentarem domínio de certos conteúdos pertinentes ao nível de escolarização. Este motivo parece estar ligado à minimização das potencialidades e a simplificação curricular, que apresenta como ponto de partida, a falha na comunicação entre professor ouvinte e aluno surdo (*Ibid).*

Mesmo que nas salas de aula os alunos surdos possam contar com os intérpretes, ainda é perceptível a fragilidade e superficialidade com que se apropriam da Língua Portuguesa escrita.

Para Quadros e Karnopp (2004), um dos motivos para este fato pode ser porque a escola durante muito tempo rejeitou a existência de uma pluralidade lingüística dentro do universo da Língua Portuguesa por parte dos surdos. Ou seja, desconsiderou o bilingüismo durante tanto tempo que agora encontra dificuldades em capacitar os professores para atender este paradigma.

Um outro motivo é que um grande número de alunos surdos, ao concluir a educação básica, não é capaz de ler nem escrever fluentemente ou de ter domínio sobre os conteúdos pertinentes a este nível de escolarização (Silva A., 2005).

Podemos considerar então que os alunos surdos ainda encontram-se despreparados para atender com autonomia e considerável agilidade tarefas que exijam a Língua Portuguesa escrita, embora um novo paradigma esteja surgindo com a proposta do bilingüismo.

5.1.2.3 Análise das formas de ajuda disponibilizadas e mobilizadas para resolução das situações problemas

Como observado no protótipo e justificado ao longo deste estudo, julgamos necessário explorar três tipos de ajuda: material concreto, algoritmo e diagrama, apresentadas na seção 6.4.2. Muito embora tenhamos treinado os participantes previamente quanto ao uso, percebemos uma enorme simpatia pela ajuda na forma de diagrama.

5.1.2.3.1 Ajuda representativa de material concreto (objetos)

Em nosso teste identificamos que os participantes não usaram este tipo de ajuda. Um dos motivos pode ser porque não apresentavam dificuldade para fazer cálculos com as quantidades envolvidas nas situações-problemas, que eram na ordem de dois dígitos. Outro motivo pode ser porque a própria ajuda na forma de diagrama também explorava o material concreto, demonstrando ser mais completa e intuitiva. Ou ainda, mas mais remota, é que o surdo pode não ter se apropriado da compreensão desta forma de ajuda, que invalidamos, uma vez que foram treinados previamente quanto ao uso do protótipo e todas as funcionalidades foram exploradas.

5.1.2.3.2 Ajuda representativa do algoritmo (conta)

O uso da ajuda algoritmo não foi solicitado por nenhum participante, muito embora tenhamos percebido essa representação no discurso dos participantes.

O algoritmo explorado pelos participantes apareceu na forma espacial, ou seja, era estruturado através de sinais em LIBRAS, sem uso de papel, caneta ou qualquer outro recurso, apresentando o que poderíamos chamar de um modelo de representatividade matemática visual/espacial típico da LIBRAS.

Outro fato pode ser que esta representação na 4ª série, escolarização dos participantes, não apresente nenhuma dificuldade que impossibilite de chegar à resolução de situações-problema, uma vez que este conhecimento é trabalhado desde o início do ensino básico.

5.1.2.3.3 Ajuda representativa de diagramas (desenhos)

Para explorarmos este tipo de ajuda, percebemos no teste piloto que o tempo também deveria ser metaforizado, ou seja, dinâmico. Para tanto precisávamos explorar os objetos usados para explorar um conceito com animação, no caso, só precisaríamos dispor os objetos numa sucessão temporal, ou seja, um a um de acordo com o enunciado da situação-problema,

A apresentação desta ajuda na forma estática muito pouco contribuiu, quando explorada no teste piloto; em contrapartida, quando o tempo foi explorado de forma dinâmica, conseguimos perceber em alguns diálogos e ações a rapidez com que chegavam à resolução correta.

Este tipo de ajuda contribuiu na mobilização dos invariantes corretos, como podemos observar nos diálogos de três dos participantes.

No discurso de PG, percebemos que o mesmo inicialmente confunde-se e não encontra a resposta correta. A seguir pede ajuda na forma de diagrama e rapidamente chega à resposta correta.

Quadro 5.18 – Fragmento 17 do teste de usabilidade

Fragmento 17: Problema 2: Participante PG
[Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?] {MENINO COMPRAR 10 LARANJA. MENINA COMPRAR 6 MAIS. MENINA COMPRAR QUANTO? CONTA?} PG: MENINO LARANJA 10 MENINA 6 (O "computador" apresenta a mensagem de *feedback*. PG pede ajuda na forma de diagrama ao perceber que não obteve êxito no resultado.) (O "computador" apresenta um saco com a figura do personagem Pedro e o número 10. A seguir apresenta um saco idêntico com a personagem Helena, o número 10 e acrescenta 6 objetos que representam a quantidade a mais comprada) PG: 16. (PG rapidamente encontra apresenta a resposta correta)

No discurso de PE percebemos que primeiramente o participante encontrou dificuldade na interpretação do enunciado, tanto em Língua Portuguesa como em LIBRAS escrita, neste caso a ajuda contribuiu para direcionar a estratégia de resolução a ser usada; percebe-se esse fato quando pausadamente o participante comunica seu raciocínio corretamente.

Quadro 5.19 – Fragmento 18 do teste de usabilidade

Fragmento 18: Problema 3: Participante PE
[Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?] {MENINA LARANJA TER 8. MENINO NÃO TER. MENINA DAR MENINO 5. QUANTO MENINA TER? CONTA?} PE: CONHECER. NÃO. D-A-R. (PE refere-se a palavra "dar" escrita em LIBRAS.) (PE pede ajuda na forma de diagrama.)

(O "computador" coloca uma cesta ao lado da personagem Helena com 8 laranjas, se valendo do contraste de cores para sub-entender quantidade inicial e final da personagem, ou seja, 5 laranjas apresentam uma cor mais forte e 3 laranjas apresentam uma cor mais clara. Uma outra cesta vazia é a apresentada ao lado do personagem Pedro. E uma seta no sentido Helena/Pedro para indicar o acréscimo ou decréscimo da quantidade em relação a cesta vazia.)
(PE pausadamente vai organizando seu raciocínio.)
PE: HELENA LARANJA 8. AGORA.
PE: DAR 5.
PE: PEDRO LARANJA 5.
PE: HELENA 3.
PE: 3.

O participante PH pede que o enunciado seja apresentado em LIBRAS escrita. A seguir pede ajuda na forma de diagrama e, como observamos em seu discurso, a mesma conduziu sua estratégia de resolução, inclusive percebemos a interação do participante com os objetos que estavam compondo a metáfora do diagrama.

Quadro 5.20 – Fragmento 19 do teste de usabilidade

Fragmento 19: Problema 4: Participante:PH
[Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?] (Logo na apresentação da tarefa P solicita o enunciado em LIBRAS escrito.) {MENINO LARANJA COMPRAR 9. MENINA COMPRAR 6. MENINA FICAR IGUAL MENINO. PRECISA TIRAR. QUANTO TIRAR? CONTA ?} (PH pede ajuda na forma de diagrama) (O "computador" apresenta duas cestas penduradas por um cordão, imitando uma balança, cada cesta corresponde a um personagem que é identificado pela figura de Pedro e Helena. Na cesta Pedro são colocadas 9 objetos que indicam a quantidade de laranjas e na outra cesta, 6 objetos que indicam a quantidade de laranjas de Helena. Como Pedro possui mais que Helena a cesta dele é mais pesada.) (PH entende que precisa igualar as quantidades para manter o equilíbrio e começa a tirar objetos) PH: HELENA. PEDRO. IGUAL. LARANJA. (PH pensa durante alguns instantes e torna a observar a quantidade de objetos presentes em cada cesta.) (PH começa a retirar objetos da cesta de Pedro e o "computador" começa a movimentar a cesta no sentido de equilibrá-la.) (PH retirar 3 objetos. E observa novamente a quantidade de laranjas presentes na cesta.) PH: 3.

Nos três diálogos observamos a relevância da ajuda na forma de diagramas acrescida da exploração dos objetos temporalmente, ou seja, na forma dinâmica, pois mesmo os participantes, apresentando dificuldade com a leitura e compreensão dos enunciados, esta forma de ajuda pareceu ser decisiva para encontrar a resposta correta.

Um questionamento que ficou nesta pesquisa foi que, embora os participantes tenham mobilizado os invariantes corretamente, quando questionados sobre a forma como tinham chegado ao resultado apresentavam argumentos evasivos.

5.1.2.4 *Feedback* para o usuário

O uso do *feedback* adequado, a cada erro cometido pelo usuário, é um dos pontos essenciais da interação, pois através das mensagens podem sugerir formas do usuário chegar ao raciocínio correto ou à escolha da ajuda adequada.

Uma mensagem adequada e inteligível pode contribuir decisivamente na aquisição de conhecimentos a partir do erro, desde que seja clara e consiga comunicar ao usuário a razão desse erro, ao invés de somente informar que a ação realizada está incorreta.

As mensagens exploradas no protótipo foram organizadas de acordo com as categorias a que pertenciam as situações-problema e com o tipo de erro, relacional ou numérico.

O erro relacional se referia à incompreensão das relações implícitas na estrutura das situações-problema exploradas. Este tipo de erro apresentava mais complexidade para uso de mensagens de *feedback*, uma vez que cada mensagem deveria se adequar ao tipo de estratégia incorreta envolvida, ou seja, a mensagem destinada a um problema de combinação não seria a mesma que envolveria um problema de comparação, pois os invariantes mobilizados são distintos.

O erro numérico explorava procedimentos incorretos quanto ao uso do algoritmo e poderia ocorrer de duas formas: adição ou subtração incorreta dos termos e troca de termos (minuendo e subtraendo). No Quadro 5.21 apresentamos a organização das mensagens de *feedback* usadas no teste final de usabilidade.

Quadro 5.21 – Mensagens de feedback usadas

Categoria	Situação-problema	Erro cometido	Mensagens de *feedback*
Combinação	Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?	Relacional.	MENINO MENINA JUNTO TER MENOS?
		Numérico.	DE-NOVO.
Comparação	Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?	Relacional.	MENINA TER MENOS? MENINA COMPRAR MAIS MENINO.
		Numérico.	DE-NOVO.
Mudança	Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?	Relacional.	LARANJA TER MENINA. DAR MENINO.
		Numérico.	DE-NOVO.

		Numérico. (Troca de Termos)	NÚMEROS TROCAR.
Igualização	Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?	Relacional.	LARANJA MENINO. LARANJA MENINA. IGUAL. PRECISA TIRAR MENINO. QUANTO?
		Numérico.	DE-NOVO. CALMA. NORMAL.
		Numérico. (Troca de termos)	NÚMEROS TROCAR.

Também consideramos outras mensagens de *feedback* para situações não mencionadas no quadro acima:

- Ao ser informada a resposta correta pelo participante: CERTO!!!
- Quanto à contagem incorreta dos objetos da ajuda: OLHAR DE-NOVO. CONTAR. CALMA. NORMAL.
- Persistência no mesmo erro até três vezes: AJUDA. QUER?
- Persistência no mesmo erro mais de três vezes: RESPOSTA. QUER?

Embora tivéssemos mensagens de *feedback* para um número considerável de situações, nem todas foram usadas pelos participantes, uma vez que nem todos os erros previstos foram cometidos pelos participantes.

A seguir apresentaremos alguns discursos envolvendo algumas mensagens de *feedback* dadas pelo facilitador/intérprete. Vale salientar que somente pela análise dos diálogos é que poderemos fazer inferências sobre as mensagens e ação resultante de seu uso pelo participante.

Quadro 5.22 – Fragmento 20 do teste de usabilidade

Fragmento 21: Problema 1: Participante:PE
[Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?] {MENINO LARANJA COMPRAR 15. MENINA COMPRAR 6. QUANTO JUNTOS? CONTA?} (PE observa demoradamente o enunciado.) PE: LARANJA. MULHER. FRUTA. 15. NÃO ENTENDER. (PE se refere ao enunciado escrito em Língua Portuguesa.) ("Computador" substitui o enunciado pelo escrito em LIBRAS.) PE: PARA BAIXO? (PE se refere a subtrair.) PE: 9. ("Computador" apresenta mensagem de *feedback*: "MENINO MENINA JUNTO TER MENOS?") PE: JUNTAR?

(PE pensa e após usar os dedos para contar responde.)
PE: 21.
F/I: Como você encontrou esta resposta?
PE: PALAVRA. JUNTAR. SOMAR.
(“PE refere-se que a palavra JUNTAR, presente no *feedback* requer uma soma.)

No discurso de PE percebemos que a mensagem de *feedback* composta pela palavra JUNTAR contribuiu para revisão da estratégia e reformulação da resposta final. Esse fato pode ser percebido quando o participante coloca que a presença da palavra JUNTAR subentendia uma adição.

Quadro 5.23 – Fragmento 21 do teste de usabilidade

Fragmento 22: Problema 2: Participante:PH
[Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?] {MENINO COMPRAR 10 LARANJA. MENINA COMPRAR 6 MAIS. MENINA COMPRAR QUANTO? CONTA?} PH: CONHECER-NÃO. (PH se referia ao enunciado em Língua Portuguesa escrita.) (“Computador” apresenta o enunciado escrito em LIBRAS.) PH: 4. (“Computador” apresenta mensagem de *feedback*: MENINA TER MENOS? MENINA COMPRAR MAIS MENINO.) (PH torna a ler o enunciado novamente.) PH: ENTENDER. PH: 16. F/I: Por que agora você somou? PH: MENINA COMPRAR MAIS MENINO.

Num outro discurso, com o participante PH, percebemos que o *feedback* pôde contribuir de forma eficaz quanto à condução do participante à resposta final. Podemos colocar que a informação presente na mensagem contribuiu para compreensão do erro cometido, uma vez que o participante usa as próprias palavras presentes no *feedback* para responder à pergunta do facilitador/intérprete.

Quadro 5.24 – Fragmento 22 do teste de usabilidade

Fragmento 23: Problema 3: Participante:PH
[Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?] {MENINA LARANJA TER 8. MENINO NÃO TER. MENINA DAR MENINO 5. QUANTO MENINA TER? CONTA?} PH: LIBRAS. ENTENDER-NÃO. (“Computador” apresenta o enunciado escrito em LIBRAS.) PH: PARA CIMA? (PH pergunta ao facilitador/intérprete se é para somar.) F/I: Não posso responder. PH: 13. (“Computador” apresenta mensagem de *feedback*: LARANJA TER MENINA. DAR MENINO.) PH: 3.

F/I: Por que agora você respondeu que é 3? PH: DAR MENINO. PH: CONTA. PARA BAIXO.

No discurso de PH, também percebemos que a mensagem de *feedback* contribuiu para que o mesmo mobilizasse o invariante chave correto, podemos perceber esse fato quando o mesmo coloca os sinais em LIBRAS para as palavras TER e DAR para justificar sua estratégia.

Quadro 5.25 – Fragmento 23 do teste de usabilidade

Fragmento 24: Problema 4: Participante:PD
[Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?] (Logo na apresentação da tarefa PD solicita o enunciado em LIBRAS na forma escrita) {MENINO LARANJA COMPRAR 9. MENINA COMPRAR 6. MENINA COMO FICAR IGUAL MENINO. PRECISA TIRAR. QUANTO TIRAR? CONTA ?} (Logo no início PD solicita o enunciado em LIBRAS na forma escrita. "Computador" disponibiliza.) (PD observa atentamente e começa a repetir o enunciado, como se precisasse para organizar o raciocínio.) PD: PALAVRAS. MUITA. PD: ESPERAR. F/I: Você pode pedir ajuda. PD: NÃO. PD: 15. ("Computador" apresenta mensagem de *feedback*: LARANJA MENINO. LARANJA MENINA. IGUAL. PRECISA TIRAR MENINO. QUANTO?) (PD observa atentamente a mensagem e torna a interpretar para si o enunciado.) PD: 3. F/I: Por quê? Como você encontrou esta resposta? PD: MENINO. MENINA. IGUAL. PD: TIRAR. IGUAL. (PD se refere que para Pedro e Helena ficarem com a mesma quantidade é preciso tirar laranjas de Pedro.)

Numa outra situação-problema que envolvia uma igualização, percebemos que o participante PD argumentou que seria necessário que ambos os personagens ficassem com a mesma quantidade de laranjas; para isso precisaria apresentar um decréscimo na quantidade de Pedro. Mas este argumento só surgiu após o mesmo receber o *feedback.*

Como podemos perceber, as mensagens oportunizaram que os participantes revisassem suas ações para chegar à resolução. Devemos, porém, considerar que as mesmas, embora tenham sido organizadas sob a avaliação de um especialista em LIBRAS e outro em Educação Matemática, precisam acompanhar o enunciado de cada situação-problema, por isso, não podemos generalizar todas as mensagens e sim construí-las de acordo com a variação do enunciado.

No caso específico das situações-problema escolhidas para serem exploradas neste estudo, cada mensagem de *feedback* tinha relação direta com o enunciado

envolvido, portanto o número de mensagens irá depender do número de situações que a versão final envolver.

Podemos, assim, argumentar que para outros problemas envolvendo as mesmas categorias e variações, novas mensagens serão criadas, porque os erros podem variar de acordo com a complexidade do enunciado e porque a escrita da mensagem terá que se adequar ao tipo de situação envolvida, com seus respectivos invariantes.

Uma das mensagens de erro prevista, mas que não foi usada pelos participantes foi a que tratava da troca da ordem dos termos (minuendo e subtraendo). Um dos motivos pode ser porque estávamos trabalhando com números iguais ou menores que uma dezena e possivelmente os participantes não encontraram dificuldade em realizar cálculos com estas quantidades. Como não podíamos prever este fato, o *feedback* para este tipo de erro foi criado (NÚMEROS TROCAR), pois no estudo de Borba e Santos (1997) este tipo de erro apareceu na maior parte dos problemas envolvendo subtração, uma vez que naquele estudo as ordens de grandeza dos números era maior que as do presente estudo.

A necessidade de adequar as mensagens a cada tipo de erro apresentado, além da forma escrita do *feedback* em LIBRAS e Língua Portuguesa acompanhar cada enunciado, é uma proposta futura.

5.1.2.5 Discussão dos resultados do teste de usabilidade da versão preliminar

A análise dos dados do teste de usabilidade da versão preliminar levantou aspectos relevantes quanto ao protótipo de baixa fidelidade.

Em relação aos invariantes mobilizados na resolução das situações-problema, observamos que, de acordo com a categoria correspondente, os mesmos foram aplicados corretamente. Esse fato pode ser justificado nos discursos presentes nos argumentos dos participantes, ao serem solicitados a justificarem suas ações. Assim, temos evidências de promover o desenvolvimento cognitivo no campo conceitual aditivo, concluindo que a interface sugerida atingiu os objetivos de sua construção.

O teste também permitiu percebermos a relevância de disponibilizarmos os enunciados das situações-problema em LIBRAS na forma escrita, respeitando a língua natural do surdo. Foi identificado, através do facilitador/intérprete, que alguns surdos ainda não se apropriaram de sua língua natural, pois apresentavam sinais espontâneos em sua comunicação que não pertenciam à LIBRAS. Portanto, conforme o intérprete, não apresentavam um nível de comunicação satisfatório.

A LIBRAS deveria ser utilizada em todos os ambientes familiares, sociais e escolares e ensinada nas escolas, sendo acessível a toda a sociedade e associada à Língua Portuguesa escrita como forma de evitar que o surdo aprenda uma língua em casa, uma no caminho da escola e outra na escola, sem perceber o contexto em que está inserido (Falcão L., 2007).

O uso do enunciado em LIBRAS escrita pretendia atender à especificidade da leitura e compreensão do surdo, sendo esta forma mais próxima da compreensão do surdo do que a Língua Portuguesa escrita. Assim, consideramos relevante que as duas

formas de apresentação das situações-problema permanecessem, respeitando outros perfis de usuários surdos.

Três formas de ajuda foram disponibilizadas (material concreto, algoritmo e diagrama), mas a mais explorada pelos participantes foi a que usava diagramas.

A ajuda na forma de diagrama mereceu destaque, dada sua preferência entre os participantes. Esta forma de ajuda permitiu aos participantes mobilizarem a estratégia de resolução correta através do uso do invariante chave, como observamos nos discursos. De acordo com a situação-problema, o invariante era explorado na ajuda, consideramos ter um maior proveito se ao invés de somente observar os objetos do diagrama, o usuário puder manipulá-los com o objetivo de explorar e testar novas estratégias.

Para cada categoria explorada, estratégias envolvidas diferenciadas são necessárias, pois permitem aos usuários que através do uso de relações implícitas presentes nos dados apresentados nos problemas aumentem sua capacidade de resolução, uma vez que estarão expostos a uma variedade de atividades envolvendo o campo conceitual aditivo. Assim, torna-se relevante oferecer além da ampla variedade de situações-problema uma sintonia com as formas de ajuda, ou seja, para cada problema um diagrama que além de mobilizar o invariante chave correspondente envolvesse os objetos presentes no enunciado.

As situações-problema exploradas no protótipo apresentaram quantidades iguais ou inferior a uma dezena. Sugerimos, então, considerar outras grandezas que, além de estimularem um raciocínio mais rebuscado, poderão revisar o uso de algoritmos com e sem reserva.

Quanto às outras duas formas de ajuda, material concreto e algoritmo, consideramos relevante que as mesmas permaneçam, uma vez que outros usuários surdos podem sentir necessidade de verificarem e mesmo se valerem destes recursos para apoiarem suas estratégias de resolução.

As mensagens de *feedback* presentes na interação pareceram adequadas para os enunciados explorados, mas podem sofrer alguns ajustes, pois, assim como a ajuda na forma de diagrama, elas deverão acompanhar os objetos envolvidos na situação-problema. Por exemplo, ao se tratar de laranjas o *feedback* irá se referir a laranjas e, também, acompanhar a escrita do enunciado escolhido pelo usuário. Um enunciado apresentado em Língua Portuguesa escrita fornecerá uma mensagem de *feedback* na mesma língua, assim como um enunciado em LIBRAS na forma escrita oferecerá uma mensagem de *feedback* em LIBRAS na forma escrita, ou seja, a escolha da língua ao qual o enunciado será apresentado será a mesma do *feedback*.

Os ajustes sugeridos nas mensagens contam com a contribuição do especialista em Educação Matemática. Para as mesmas situações-problemas já citadas, podem se apresentar dois tipos de *feedback* para cada erro relacional. A sugestão é que primeiramente questione-se o usuário, levando-o a refletir sobre seu erro. Caso essa mensagem não seja suficiente, ou seja, o usuário permaneça cometendo o erro, receberá uma outra mensagem com estrutura afirmativa orientando para o tipo de erro. Podemos observar mais detalhadamente as sugestões no Quadro 5.26.

Quadro 5.26 – Mensagens de feedback sugeridas

Categoria	Situação-problema	Erro cometido	Mensagens de feedback
Combinação	Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?	Relacional.	1. JUNTO MENINO MENINA TER MENOS? 2. JUNTO TER MAIS.
		Numérico.	SOMAR DE NOVO.
Comparação	Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?	Relacional.	1. MENINA TER MENOS? 2. MENINA COMPRAR MAIS MENINO.
		Numérico.	DIMINUIR DE NOVO.
Mudança	Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?	Relacional.	1. MENINA DAR A MENINO. COMO MENINA TER MAIS? 2. MENINA DAR LARANJA MENINO.
		Numérico.	DIMINUIR DE NOVO.
Igualização	Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?	Relacional.	1. LARANJA IGUAL? MENINO MENINA IGUAL? 2. PRECISA TIRAR MENINO.
		Numérico.	DIMINUIR DE NOVO.

O *feedback* também poderia acompanhar as outras formas de ajuda, alertando o usuário quanto à manipulação incorreta de quantidades no uso de material concreto, quanto à disposição dos termos dos algoritmos e, ainda, quanto ao uso e manipulação dos diagramas, e não de forma independente, ou seja, ligado somente à resposta final como apresentado neste protótipo. Uma vez que na versão testada a mensagem só aparecia quando o participante informava a resposta final e a sugestão é que ele conduza o usuário durante toda a manipulação das formas de ajuda, alertando para o erro durante o uso.

As mensagens poderiam conduzir o usuário durante toda sua interação, mas deveriam ser fornecidas de forma discreta na parte inferior da tela, sem dispersar a atenção e oportunizando liberdade de uso, uma vez que o foco só seria deslocado para as mensagens se o usuário assim necessitasse.

Outro ponto que destacamos é que, ao usuário solicitar a resposta final correta, ela seja auxiliada por diagramas, para dar a entender o invariante chave mobilizado, e não seja somente apresentada a resposta final como nesta versão do protótipo, porque não estaríamos conduzindo para aquisição deste conhecimento.

Todas essas demandas foram consideradas no *re-design* da versão final para posterior implementação.

5.1.3 Apresentação da versão final do protótipo

A versão final do protótipo considerou os resultados do teste de usabilidade da versão preliminar, obtidos através da transcrição dos dados, e, também, algumas reflexões posteriores que surgiram com elementos observados no teste.

No *design* em específico a única alteração visível foi na tela do Nível 3, conforme Figura 5.2, com a inclusão da possibilidade do usuário escolher que a situação-problema seja apresentada em LIBRAS na forma escrita, através do botão "LIBRAS" no canto superior direito da tela.

Figura 5.2 – Tela do Nível 3 da versão final

Podemos considerar que neste sentido o *design* da interface atendeu a proposta deste estudo, ou seja, explorou o campo conceitual aditivo através de situações-problema abrangendo as quatro categorias classificatórias (Combinação, Comparação, Mudança e Igualização) com opção de ajuda e mensagens de *feedback* conduzindo o usuário a mobilizar o invariante chave correto. Além disso, respeitou as especificidades da surdez num contexto bilíngüe através da exploração de duas línguas, Língua Portuguesa na forma escrita e LIBRAS, possibilitando o uso num contexto inclusivo.

6 Conclusão

A motivação principal deste estudo se concentrou, além do baixo desempenho em matemática apresentado, em geral, por alunos do Ensino Fundamental, na contribuição para a pesquisa em educação matemática de surdos. Havendo poucos estudos nesta área especificamente com estes alunos, buscou-se uma forma de proposição que incluísse surdos no aprendizado matemático, explorando também o uso de recursos tecnológicos.

Existem no Brasil 5,7 milhões de pessoas com deficiência auditiva, segundo dados do Censo 2000, do IBGE. Dessas, mais de 406 mil estão em idade escolar. Mas pouco mais de 56 mil (13%) estavam matriculadas na educação básica em 2003, revela o último Censo Escolar (2004). No ensino médio são dois mil estudantes e, nas universidades, apenas 300.

Portanto há bem pouco tempo a surdez era considerada uma deficiência que limitava seus portadores a freqüentarem espaços na sociedade iguais aos freqüentados por ouvintes. Esta realidade não era diferente em espaços educacionais e suas conseqüências podem ser percebidas amplamente, inclusive no que concerne a surdos como usuários consumidores de tecnologias.

Esta pesquisa foi proposta de forma a despertar para a inclusão de surdos no uso de recursos tecnológicos e para contribuir no desenvolvimento de tecnologias educacionais que visem minimizar lacunas na aprendizagem de conceitos matemáticos por parte de alunos com este perfil.

Como discutido ao longo desse trabalho, muitas podem ser as causas para a defasagem do surdo em relação ao ouvinte. Essas defasagens registradas em estudos anteriores precisam ser melhor analisadas e propostas para a superação de dificuldades do aluno surdo, e de outras deficiências, devem ser efetuadas se desejamos, de fato, tornar nossas escolas inclusivas.

Neste estudo, encontramos algumas propostas para minimizar as defasagens escolares, como inclusão de formas alternativas de ensino e apresentação de conteúdos.

A comunicação gestual mobilizada para a necessidade de apreender aquilo que o professor se propõe a verbalizar pode ser facilitada pelo intérprete em sala de aula, mas só a exposição oral de um conceito muitas vezes não é suficiente. Algumas vezes outras formas de representação de um conceito são imprescindíveis e requerem a atenção visual para serem compreendidas, um exemplo é o conceito de fração no qual o professor normalmente usa figuras para mostrar o todo e as partes. O fator complicador não está no uso das representações, mas na forma como elas são apresentadas, ou seja, seu uso simultâneo compromete a apreensão do surdo; uma vez que falta o canal auditivo ele precisa deslocar a atenção para a explanação em LIBRAS, para o professor e ainda para a representação do conceito.

É preciso despertar para o foco da aprendizagem do surdo, o canal visual, ou seja, só aprende o que vê, assim não consegue acompanhar informações simultâneas apresentadas por várias fontes. Assim é preciso que o intérprete e professor atuem com coerência temporal, ou seja, primeiro o professor explora determinado conhecimento e depois o intérprete faz a tradução, podendo gerar um atraso no desenvolvimento dos conteúdos. Uma solução para esse fato seria professores usuários fluentes em LIBRAS.

A contextualização com o cotidiano, gerando atividades motivadoras e presentes em suas realidades, também pode ter significativa mudança no desempenho dos surdos. A LIBRAS possui um vocabulário restrito e, portanto, contextos diferenciados e distantes dos surdos podem comprometer e atrasar seu desempenho cognitivo. Professores devem ter consciência de que o vocabulário do surdo é limitado, mas ao mesmo tempo devem estimulá-lo a avanços – tanto de vocabulário quanto de compreensão de conceitos.

Diante dessas constatações, a exposição de surdos a uma variedade de estratégias de representação dos problemas, tanto escrita como gráfica, bem como, divididas em etapas, facilitando a organização da estratégia de resolução (Kelly *et al.,* 2003b), podem contribuir com seu desempenho e desenvolvimento escolar.

Identificamos nos estudos bibliográficos, também, que os surdos possuem dificuldades relacionadas às inferências sobre o tempo (Moreno, 2000 *apud* Nunes e Moreno, 2002) e pouca habilidade para interpretar o significado relacional envolvendo situações-problema, em especial na categoria comparação (Zevenbergen *et al.,* 2001 *apud* Kelly *et al.,* 2003b). Propor situações nas quais valores iniciais e intermediários são desconhecidos – que exigem desenvolvimento de inferências sobre o tempo – e comparações do tipo *mais que*/*menos que* podem e devem ser consideradas pelo professores, mesmo em salas inclusivas, sem perder a qualidade da apresentação de conhecimentos.

Esses dados e outros mais específicos contribuíram para sugerir um *design* de uma interface para o ensino de situações-problema no campo das estruturas aditivas para usuários surdos inseridos num contexto inclusivo.

Os achados desta pesquisa embasaram este estudo na área de aquisição de conhecimentos matemáticos por um surdo e no campo das estruturas aditivas despertaram necessidades relevantes no desenvolvimento do protótipo apresentado.

A análise de produtos concorrentes e a observação de uso por surdos que atendiam ao perfil deste estudo foram decisivas e serviram para complementar a investigação, uma vez que reproduzimos boas práticas dos concorrentes que poderiam ser aplicadas para usuários surdos, confirmadas através da observação de uso por parte dos surdos dos mesmos *software*.

A busca de boas práticas através da técnica análise dos competidores forneceu requisitos relevantes, como também despertou para novas idéias e necessidades até então não consideradas durante a revisão bibliográfica. Essas práticas foram transformadas em requisitos, que foram discutidos individualmente e incorporadas ao protótipo, para serem avaliadas no teste de usabilidade.

Alguns requisitos merecem destaque especial, como inteligibilidade da interface através do uso da LIBRAS e da Língua Portuguesa na forma escrita, juntamente com os ícones representativos de sinais em LIBRAS presente no *design*, o modo simulação que permite que o usuário possa compreender a interação possível na tela em que se encontra.

O modo simulação pode ser considerado inédito, uma vez que todas os demais *software* concorrentes que analisamos não apresentaram esta funcionalidade por serem desenvolvidos para usuários ouvintes, em alguns deles encontramos inclusive o recurso sonoro para interagir com o usuário.

Os recursos motivacionais consideraram as especificidades da surdez, que exploraram através do *design* gráfico e do contraste de cores a comunicabilidade com o usuário; um exemplo é a cor indicativa do nível de dificuldade e das formas de ajuda.

Em relação aos requisitos específicos da matemática disponibilizados no protótipo, podemos citar a variedade de representações, as formas de ajuda oferecida sob três aspectos: objeto, algoritmo e diagrama, relacionado com a categoria da situação-problema (Combinação, Comparação, Mudança e Igualização) e ainda mensagens de *feedback*, a forma de ajuda e a tipo de erro cometido.

E outros requisitos que podem complementar e enriquecer a proposta, mas que não foram avaliados como: a configuração de atividades pelo professor, o relatório de desempenho no modo aluno e professor.

Verificamos no início deste estudo que somente os requisitos incorporados à interface não era suficientes, portanto consideramos relevante a contribuição dos especialistas em LIBRAS e Educação Matemática que nos permitiu confirmar e lapidar necessidades, bem como, outras idéias, como inclusão da LIBRAS escrita nos enunciados, uso de diagramas na ajuda, tipos de mensagens de *feedback*, apresentação das mensagens em LIBRAS, sinais em LIBRAS presentes na tela e outras mais específicas quanto ao tratamento e interpretação dos dados coletados que foram incorporadas ao protótipo com sucesso.

A técnica de prototipagem de baixa fidelidade contribuiu para que especialistas tivessem acesso a uma versão preliminar do sistema final, fornecendo um *feedback* muito preciso do que queríamos atender. E, por parte dos usuários surdos, permitiu que pudessem ter acesso ao que a pesquisa estava se propondo com qualidade e um mínimo de esforço, trazendo resultados satisfatórios.

Portanto podemos considerar que a metodologia escolhida agregada à participação de especialistas resultou o *design* de uma interface educativa que explorou de forma eficaz o campo conceitual aditivo.

6.1 Contribuições

A proposta do *design* de um *software* educativo que privilegie o ensino de matemática para surdos no campo das estruturas aditivas, respeitando especificidades e limitações de um usuário surdo, sem desconsiderar o usuário ouvinte, parece ser uma das maiores contribuições do estudo aqui apresentado.

Os requisitos encontrados com foco no perfil do usuário surdo podem perfeitamente ser incorporados a *design* de interfaces que até então eram voltadas somente para usuários ouvintes. Com um mínimo de esforço e tempo, existe a possibilidade de atender ambos os perfis, sem perda de funcionalidades pertinentes aos *software* educativos.

Muitos dos dados coletados nos trazem informações sobre um novo perfil de usuário, permeando três áreas que se completam: a tecnologia, a educação matemática e a especificidade da surdez. Essas informações também podem ser usadas independentemente se o desenvolvedor estiver projetando um outro *software* ou um professor estiver buscando subsídios para ensino de matemática ou mesmo especificidades da aquisição de conhecimento por um surdo. Enfim, um campo interdisciplinar ou específico pode ser atendido e expandido se valendo dos resultados deste estudo.

Um outro dado relevante é que, embora não estivéssemos validando o uso do protótipo por ouvintes, percebemos que muitas das necessidades do usuário surdo podem atender as necessidades de usuários ouvintes, confirmando que a inclusão é viável e possível, sendo preciso somente respeito às especificidades da comunicação do surdo. Assim, problemas observados na literatura como mais difíceis – como os de mudança valor inicial desconhecido – podem ser entendidos tanto por alunos surdos quanto ouvintes se o feedback e a ajuda oferecidos forem específicos à estrutura do problema sendo tratada e levarem os alunos à correta mobilização dos invariantes envolvidos.

Genericamente podemos também colocar que este estudo engrossou as pesquisas voltadas para a surdez no que se refere à aquisição de conhecimentos com suporte tecnológico, pois não encontramos nenhum *software* que fosse voltado para esta área do conhecimento ao qual esta pesquisa se direciona. Muitas das pesquisas encontradas são voltadas para a lingüística da LIBRAS/Língua Portuguesa e outras para a inclusão do surdo.

Em específico, este estudo nos levou a perceber que a forma como exploramos o campo conceitual foi satisfatória para os surdos, como verificamos em suas justificativas de ações durante o uso do protótipo. As situações-problemas exploradas considerando as categorias, os diagramas explorados na ajuda e as mensagens de *feedback* possibilitaram a exposição de uma variedade de situações que mobilizavam um mesmo conhecimento, ou seja, o campo conceitual aditivo, de forma interativa e lúdica.

Em alguns momentos os exercícios escolares restringem-se ao planejamento dos professores que têm como base o nivelamento da turma e podem até limitar o avanço do aluno; no caso de nossa proposta, a ousadia seria permitida justamente porque sugere a presença de uma variedade de situações que envolvam diferentes estruturas e a forma como é apresentada, respeitando as especificidades da surdez, contribui para o desenvolvimento cognitivo do surdo nesta área do conhecimento.

A ajuda com presença de diagramas e mensagens de *feedback* relacionadas com o erro cometido pelo usuário tem o objetivo de conduzir à aprendizagem e expor o usuário a novas reflexões que não a resposta final direta.

Confirmamos a possibilidade de desenvolver o *software* considerando o usuário surdo num contexto inclusivo. A demanda para esta necessidade ficou consolidada nos resultados deste estudo e de forma subjetiva podemos afirmar que pode ser usado por ouvintes, uma vez que a interface conta com a Língua Portuguesa na forma escrita, embora para este último perfil de usuários não tenhamos testado.

Outro aspecto que conseguimos validar foi a necessidade de surdos obterem melhor desempenho se a apresentação do conhecimento explorar variadas formas de representação; respeitando essa informação, apresentamos os enunciados das situações-problema em duas línguas (LIBRAS e LP escrita), a ajuda foi apresentada usando objetos, algoritmo e diagramas, as mensagens eram específicas ao enunciado envolvido, além de explorar um contexto – supermercado – envolvendo dois personagens.

Finalizando, consideramos que o protótipo pode atingir proposta de validar uma interface que permita ao surdo desenvolver suas habilidades no campo conceitual aditivo de forma eficaz e significativa.

6.2 Dificuldades encontradas e mecanismos de superação

Primeiramente é importante salientar que a bibliografia na área de surdez, quanto à aquisição de conhecimentos matemáticos ainda é reduzida, embora os primeiros estudos tenham surgido na década de 50. No Brasil, esse fato se acentua porque as pesquisas encontradas aqui concentram-se na área de lingüística e surdez. Esta limitação de produção bibliográfica faz com que haja poucas informações sobre o potencial e limites do aprendizado de surdos, em particular, da aprendizagem de matemática.

Um outro fator complicador foi a forma de comunicação encontrada nos pesquisados, uma vez que encontramos surdos usando sinais espontâneos em sua comunicação que não pertenciam a LIBRAS, embora tivessem idade e escolaridade para terem adquirido além da LIBRAS a Língua Portuguesa na forma escrita. Mesmo com um facilitador que também era intérprete, a comunicação era muito limitada e muitas vezes até confusa. Para tentar contornar esse obstáculo, aplicamos um teste de leitura, que, embora tenha ajudado, não podemos dizer que foi decisivo, porque a pouca experiência com a LIBRAS resulta num vocabulário mais restrito do que já sabemos ser particularidade da língua, refletindo em justificativas pobres e até evasivas durante os testes com o protótipo.

Salienta-se, porém, que a lacuna no que se refere à aquisição da LIBRAS não influenciou a proposta final do protótipo, somente dificultou a análise dos dados, até mesmo porque estas limitações de linguagem devem ser consideradas quando da elaboração de propostas de ensino de surdos.

A transição do oralismo para o bilingüismo reestruturou e respeitou a comunicação do surdo, mas sua proposta é recente, portanto, o que pode ter acontecido é que professores não tenham ainda revisado suas metodologias ou mesmo não saibam como trabalhar com esta proposta, embora venham mobilizando esforços. Com a possibilidade e, podemos dizer, necessidade de aprender duas línguas simultaneamente, os surdos começaram a enfrentar atrasos, mas é bem provável que crianças que estejam freqüentando seu primeiro ano escolar hoje, daqui a quatro anos, não enfrentem as

mesmas dificuldades com a comunicação que as crianças pesquisadas. Mas como não podemos contar com este fator a sugestão de um glossário, LIBRAS/Língua Portuguesa, para que os usuários surdos consigam minimizar a lacuna referente à compreensão de palavras escritas em Língua Portuguesa pode ser uma alternativa.

O apoio de especialistas, um na área de LIBRAS e outro na área de Educação Matemática, foram imprescindíveis, visto que a restrita bibliográfica não conseguiu cobrir todas as necessidades deste estudo e também porque o referencial bibliográfico encontrado pertencia a um contexto distinto do brasileiro. Portanto, a união destes dois especialistas que possuíam conhecimentos mais afinados com suas áreas específicas precisou ser sintonizado entre si e com a proposta deste estudo.

Para finalizar, vale salientar que, mesmo esses pontos sendo considerados como dificuldades, serviram de motivação para transpormos esses obstáculos, direcionando mais esforço para atendermos o objetivo do estudo.

6.3 Trabalhos futuros

O protótipo apresentado neste estudo ofereceu resultados satisfatórios, considerando os objetivos que motivaram a proposta inicial, mas consideramos que alguns outros aspectos possam ser ainda explorados, considerando que o fator tempo limitou nossa abordagem.

A primeira melhoria seria a certificação da adequação do *software* a ouvintes, pois, embora tenhamos considerado o contexto inclusivo, esse perfil não fez parte de nossa pesquisa. A revisão bibliográfica nos permitiu inferir que as necessidades dos surdos são semelhantes às de ouvintes, embora não tenhamos avaliado essa realidade. A verificação das semelhanças contemplaria de forma satisfatória a inclusão escolar, na qual surdos e ouvintes freqüentam a mesma sala, mas até então possuem ferramentas de aprendizagem distintas.

Como diferenças entre surdos e ouvintes quanto à aquisição de conhecimentos, podemos destacar comunicação por sinais, experiências no período anterior à escola mais restritas, dificuldades com inferências sobre tempo, vocabulário restrito, lacuna em experiências que se apresentam na foram verbal, pensamento e escrita telegráfica. E como semelhanças, o potencial cognitivo, contudo pela falta de estímulos pertinentes às especificidades da surdez, não gera habilidades repercutindo num indivíduo com limitações no campo conceitual, embora algumas necessidades para a aquisição de conhecimentos tenham sido as mesmas encontradas nos ouvintes. Um exemplo é a necessidade de exposição a uma variedade de estratégias de representação e resolução de problemas, aumento gradativo de complexidade de tarefas, exploração do raciocínio comparativo (mais que, menos que).

Uma outra questão que poderíamos aprofundar seria submeter esse protótipo à avaliação de professores, muito embora tivéssemos especialistas acompanhando esse estudo. A avaliação de professores quanto a níveis de dificuldades, a situações-problema exploradas, a relatórios oferecidos e a configuração de tarefas, poderia trazer requisitos e contribuições mais afinados do que os que encontramos.

A incorporação de formas de ajuda explorando diagramas que trabalhem outras formas de explorar um conceito também é um aspecto a ser considerado para o futuro. Um único diagrama ou uma única situação-problema pode não atingir ou mesmo atender a necessidade dos usuários. Portanto, consideramos que essa parte possa ser mais aprofundada, através de outros diagramas e de outras situações-problema envolvendo outras grandezas. Para atender essa demanda, poderíamos incorporar como fonte de pesquisa as propostas de professores e de livros didáticos.

Os professores ao longo dos anos vêm incorporando novas técnicas e metodologias as suas práticas que surgiram de suas formas criativas de atuar em sala de aula, de pesquisas, de seminários, de formações e capacitações. Acontece que muitas destas preciosidades ficam trancadas em suas próprias salas de aula, não sendo muitas vezes nem se quer divulgadas muito menos incorporadas a *software* educativos. Neste caso, valeria um aprofundamento para coleta estruturada dessas práticas para ver a viabilidade de serem incorporadas a um *software* educativo sem perder a qualidade da aula presencial.

Outra fonte que poderia contribuir com este estudo seria o livro didático. Sua organização e desenvolvimento dependem de profissionais e pesquisas da área da educação e apresentam uma grande contribuição na explanação dos conteúdos, dada a forma com que abordam e contextualizam determinados temas, além de seguirem o conteúdo programático. Portanto, suas propostas também poderiam ser um campo fértil para serem incorporadas a *software* educativos.

Segundo, mas não menos relevante que as demais propostas, surge a avaliação dos demais níveis 1, 2 e 4 por parte dos usuários surdos e também por ouvintes. Esses níveis apresentam complexidade e dificuldades que evoluem de acordo com o desempenho do usuário. Assim, poderíamos explorar um mesmo *design* para atender o ensino de 1ª série a 4ª série do Ensino Fundamental sem grandes esforços, uma vez que a proposta inicial já se encontra presente neste estudo.

Finalizando, poderíamos colocar a necessidade de implementação, porque julgamos que depois de todas essas novas propostas e considerando seus resultados chegaria o momento de disponibilizarmos para uso as propostas deste estudo. Para tanto, necessitaríamos implementar e testar a proposta em uma escala mais ampla de usuários, podendo, assim, contribuir mais para o aprendizado matemático de surdos e de ouvintes.

Referências

Atayde, P. R. MAQSEI - Metodologia de Avaliação de Qualidade de Software Educacional Infantil. Dissertação de mestrado do Curso de Ciência da Computação – UFMG, 2003.

Austin, G. F. Knowledge of selected concepts obtained by an adolescent deaf population. *American Annals of the Deaf*, 120, p. 360-370, 1975.

Azevedo, F. L. B. Prototipação rápida no ciclo de design iterativo de aplicações multimídia para formação de professores. Trabalho de conclusão do curso de Ciência da Computação – Centro de Informática, UFPE, 2005. Disponível em: www.cin.ufpe.br/~ccte. Acesso dez. 2005.

Borba, R. E. S. R; Santos, R. B. Investigando a resolução de problemas de estruturas aditivas por crianças de 3ª série. *Revista Tópicos Educacionais*, Recife, v. 15, nº 3, 105-124, 1997.

Braga, M. M. Design de software educacional baseado na teoria dos campos conceituais. Dissertação de mestrado do Curso de Ciência da Computação – Centro de Informática, UFPE, 2006. Disponível em: www.cin.ufpe.br/~ccte. Acesso maio 2006.

Bull, R.; Marschark, M; Blatto-Vallee, G. SNARC hunting: Examining number representation in deaf students. *Learning and Individual Differences*, v. 15, nº 3, p. 223-226, 2005.

Campos, M. B. Escrita da língua de sinais na interação em redes. *III Congresso Ibero-americano de Informática na Educação Especial* – CIIEE. Ceará – Fortaleza, 2002.

Campos, M. B.; Silveira, M. S. Tecnologias para Educação Especial. In *IV Congresso da Rede Ibero-americana de Informática Educativa: RIBIE*. Brasília-DF, 1998.Disponível em: http://lsm.dei.uc.pt/ribie/docfiles/txt2003423195334167.PDF> Acesso jan. 2007.

Carpenter, T.P.; Moser, J.M. The development of addition and subtraction problem-solving skills. In: Carpenter, T.P.; Moser, J.M.; Romberg, T. A. (Eds.) *Addition and subtraction: a cognitive perspective*, p. 123-146. Hillsdale: Erbaum, 1982.

Carraher, T. N.; Carraher, D.; Schliemann, A. *Na vida dez, na escola zero*. 2ª edição. São Paulo: Cortez, 1988.

Ciccone, M. M. C. Comunicação total: uma filosofia educacional. In:Ciccone, Maria Marta Costa (Org). *Comunicação total:* introdução, estratégia a pessoa surda. Rio de Janeiro: Editora Cultura Médica Ltda, 1990.

Coradine, L. C.; Albuquerque, F. C.; Brito, P. H. S.; Silva, R. L.; Silva, T. F. L. Sistema Falibras: Interpretação animada, em LIBRAS, de palavras e expressões em português. *II Congresso Ibero-Americano de Informática na Educação Especial* – CIIEE. Córdoba – Argentina. 2002.

Divertire Editora. Arthur – 2ª série. 2000.

Divertire Editora. Coelho Sabido na Terra do Queijo. Disponível em: http://www.softmarket.com.br/Demonstrativos.asp. Acesso abril 2006.

Dorziat, A. Bilingüismo e Surdez: para além de um a visão lingüística e metodológica. In: Skliar, C. (Org). *Atualidade da Educação Bilíngüe para surdos:* processos e projetos pedagógicos. 2ª ed. Porto Alegre: Mediação, 1999.

Falcão, L. A. *Aprendendo a LIBRAS e reconhecendo as diferenças* - um olhar reflexivo da inclusão: estabelecendo novos diálogos. Em publicação: 2007.

Falcão, T. P. R. Design de interfaces tangíveis para aprendizagem de conceitos matemáticos no Ensino Fundamental. Dissertação de mestrado do Curso de Ciência da Computação – Centro de Informática, UFPE, 2007. Disponível em: www.cin.ufpe.br/~ccte. Acesso mar. 2007.

Felipe, T. *LIBRAS em Contexto*: curso básico, livro do estudante cursista. Brasília: Programa Nacional de Apoio à Educação de Surdos, MEC; SEESP, 2001.

Fernandes, E. *Problemas lingüísticos e cognitivos do surdo*. Rio de janeiro: Agir, 1990.

Frostad, P. Mathematical achievement of hearing impaired students in Norway. *European Journal of Special Needs Education*, v. 11, p. 67–81, 1996.

Gamez L. TICESE: Técnica de inspeção de conformidade ergonômica de software educacional. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal, 1998.

Góes, M. C. R. *Linguagem, surdez e educação.* Campinas: Editora Autores Associados, 1996.

Goldfeld, M. *A criança surda*. Linguagem e cognição numa perspectiva sócio-interacionista. São Paulo: Plexus, 2002.

Gomes, A. S.; Castro Filho, J. A.; Gitirana, V.; Spinillo, A.; Alves, M.; Ximenes, J. Avaliação de Software Educativo para o Ensino de Matemática – *Workshop Brasileiro de Informática Educativa*, Florianópolis-SC, 2002.

Gomes, I. Protipagem em papel. Consultoria (novembro de 2005). Disponível: http://www.ivogomes.com/blog/prototipagem-em-papel/ Acesso mar. 2007.

Hall, R. R. Prototyping for usability of new technology. *International Journal of Human-Computer Studies,* v. 55, nº 2, p 485-501, 2001.

Heiling, K. . The development of deaf school children. Academic achievement and social processes. Hamburg, Germany: Signum, 1995. In Zarfaty, Y.; Nunes, T.; Bryant, P. The Performance of Young Deaf Children in Spatial and Temporal Number Tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 9, nº 3, p. 315-326, 2004.

Hine, W. D. The attainmet of children with partial hearing. Journal of the British Association of Teachers of the Deaf, 68, p. 129-135, 1970. In Zarfaty Y.; Nunes T.; Bryant P. The Performance of Young Deaf Children in Spatial and Temporal Number Tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 9, nº 3, p. 315-326, 2004.

Kelly, R. R; Lang, H. G; Pagliaro, C. M. Mathematics Word Problem Solving for Deaf Students: A Survey of Practices in Grades 6-12. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 8, nº 2, p. 104-119, 2003a.

Kelly, R. R.; Lang, H. G.; Mousley, K.; Davis, S. M. Deaf College Student's Comprehension of Relational Language in Arithmetic Compare Problems. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 8, nº 2, p. 120-132, 2003b.

Kyle, J. O ambiente bilíngüe: alguns comentários sobre o desenvolvimento do bilingüismo para os surdos. In: Skliar, C. (Org). *Atualidade da Educação Bilíngüe para Surdos*. 2ª ed. Porto Alegre: Mediação, 1999.

Lacerda, C. B. F. A prática pedagógica mediada (também) pela língua de sinais: trabalhando com sujeitos surdos. *Cadernos Cedes*, ano XX, nº 50, abr. 2000.

Lewis, A. B.; Mayer, R. E. Students' miscomprehension of relational statements in arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 79, 363–371, 1987.

Lira, G. A. O Impacto da Tecnologia na Educação e Inclusão Social a Pessoa Portadora de Deficiência Auditiva: Tradutor Digital Português X Língua Brasileira de Sinais - Tlibras. *BOLETIM TÉCNICO DO SENAC*. Vol. 29, Nº 3, pp. 42-51, set./dez. 2003.

Nielsen, J. *Usabilty Engineering*. Morgan Kaufmann, Inc. San Francisco, 1993.

Nunes, T.; Bryant, P. *Crianças fazendo matemática*. Artes Médicas: Porto Alegre, 1997.

Nunes, T.; Moreno, C. Is hearing impairment a cause of difficulties in learning mathematics? In C. Donlan (ed.). The development of mathematical skills, p. 227-254, 1998. Hove, UK: Psichology Press apud Zarfaty Y.; Nunes T.; Bryant P. The Performance of Young Deaf Children in Spatial and Temporal Number Tasks. Journal of Deaf Studies and Deaf Education, v. 9, nº 3, p. 315-326, 2004b.

Nunes, T.; Moreno C. Promoting deaf pupils' achievement in mathematics. *Journal of Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 7, nº 2, p. 120-133, 2002.

Nunes, T.; Campos, T. M. M.; Magina, S.; Bryant, P. *Introdução à Matemática*. Os números e as operações numéricas. 2ª edição. São Paulo: PROEM, 2002.

Mac System. Conhecendo as operações matemáticas. Lousa. Disponível em: http://www.softmarket.com.br/Demonstrativos.asp Acesso jun. 2006.

Mac System. Resolvendo problemas. Passeio no Parque. Disponível em: http://www.softmarket.com.br/Demonstrativos.asp Acesso jun. 2006.

Magina, S.; Campos, T. M. M.; Nunes, T.; Gitirana, V. *Repensando adição e subtração*. Contribuições da teoria dos campos conceituais. 1ª edição. São Paulo: PROEM, 2001.

Maguire, M. Methods to support human-centred design. *Internacional Journal of Human-Computer Studies.* v. 55, nº4, p. 587-634, 2001.

Miranda, A.; Martins, J. G.; Santos, J.; Loureiro, S.; Rodriguez, A. M.; Specialki, E.; Barcia, R. M. Vias-Ka: modelo de acessibilidade para sistemas computacionais de educação a distância. Latin American Conference on Human-Computer Interaction. CLICH 05. V. 124, p. 202-210. Cuernavaca - México, 2005.

Moreira M. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 7, n. 1, 2002. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol7/n1/v7_n1_a1.html. Acesso mar. 2007.

Plácido, E. G. R. Uma reflexão ao sobre a influência das novas tecnologias na educação e integração social dos surdos. Dissertação de mestrado do curso de Engenharia de Produção. UFSC. 2004.

Porter, Michael E. *Estratégia competitiva técnicas para análise de indústrias e da concorrência* . 2ª edição. Campus: Rio de Janeiro, l989.

Preece, J. ; Rogers, Y.; Sharp, H. *Design de interação:* além da interação homem-computador. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Przedstawia. 2+2 math for kids. Disponível em: /http://www.funnymathforkids.com/ Acesso jul. 2006.

Quadros, R. M.; Karnopp, L. B. *Língua de sinais brasileira:* estudos lingüísticos. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Schneiderman, B. Designing the User Interface: strategies for effective human-computer interaction. 3ª edição. Reading, MA: Addison-Wesly, 1998. In: Preece, J. ; Rogers, Y.; Sharp, *H. Design de interação:* além da interação homem-computador. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Selva, A. C. V. (1998). Discutindo o uso de materiais concretos na resolução de problemas de divisão. In Schliemann, A. D. ; Carraher, D. (Org.). *A compreensão de conceitos aritméticos:* ensino e pesquisa. Papirus, São Paulo, Brasil.

Serrano, P. The deaf child and solving problems of arithmetic: The importance of comprehensive reading. *American Annals of the Deaf*, 140, p. 287–291, 1995. In Kelly, R. R.; Lang, H. G.; Mousley, K.; Davis, S. M. Deaf College Student's Comprehension of Relational Language in Arithmetic Compare Problems. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 8, nº 2, p. 120-132, 2003b.

Silva, A. C. *A representação social da surdez:* entre o mundo acadêmico e o cotidiano escolar. In: Fernandes, E. (Org). Surdez e Bilingüismo. Porto Alegre: Mediação, 2005.

SILVA, C. R. O. E. *MAEP: Um Método Ergopedagógico Interativo de Avaliação para Produtos Educacionais Informatizados*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2002. Disponível em: http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/4326.pdf. Acesso ago 2007.

Snyder, C. Paper prototyping: sure, it's low-tech, but this usability testing method can help you sidestep problems before you write your code. In *Snyder Consulting*, 2001. Disponível em: http://www.snyderconsulting.net/us-paper.pdf. Acesso jun. 2007.

Snyder C. *Paper Prototyping:* The Fast and Easy Wat to Design and Refine User Interfaces. Morgan Kaufmann, 2003.

Soares, M. A. L. *A educação do surdo no Brasil*. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 1999.

Souza, M. F. C. Um ambiente de apoio à seleção de software educativo. Dissertação de mestrado do Curso de Ciência da Computação – Centro de Ciências e Departamento de Computação, UFC, 2006. Disponível em: http://www.mdcc.ufc.br/disser/MariadeFatimaCosta.pdf. Acesso ago 2007.

TechSmith Corporation. Camtasia Studio 4. Disponível em: http://superdownloads.uol.com.br/download/130/camtasia-studio/Acesso mar. 2007.

Titus, J. C. The concept of fractional number among of deaf and hard of hearing students. *American Annals of the Deaf*, 140, p. 255-263, 1995.

Traxler, C. B. The Stanford Achievement Test, ninth edition: National norming and performance standards for deaf and hard-of-hearing students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 5, p. 337-348, 2000.

Vergnaud, G. Psicologia do desenvolvimento cognitivo e didáctica das matematicas. Un exemplo: as estruturas aditivas. *Análise Psicológica*, 1, (5), 76-90. 1986.

Vergnaud, G. *El ninõ, lãs matemáticas y la realidad*. Problemas de la ensenanzã em la escuela primaria. México: Trilhas, 1991.

Vergnaud G. *The Nature of Mathematical Concepts*. In Nunes, T. & Bryant, P. (eds) Learning and Teaching Mathematics: An International Perspective, Psychology Press, East Sussex, pp. 5-28, 1997.

Vieira, J. W. O ensino da geometria descritiva para alunos surdos apoiado em um ambiente hipermídia de aprendizagem. Visual – GD. Dissertação de mestrado do curso de Engenharia de Produção. UFSC. 2005.

Vygotsky, L. S. *Pensamento e linguagem*. Martins Fontes: São paulo, 2003.

Wood, H.; Wood, D.; Kingsmill, M. C.; French, J. R. W.; Howarth, S. P. 1984). The mathematical achievements of deaf children from different educational environments. British Journal of Educational Psychology, 54, 254–264. In Bull, R.; Marschark, M; Blatto-Vallee, G. SNARC hunting: Examining number representation in deaf students. *Learning and Individual Differences*, v. 15, nº 3, p. 223-226, 2005.

Wollman, D. C. The attainments in English and arithmetic of secondary school pupils with impaired hearing. The Teacher of the Deaf, 159, 121–129, 1965. In Zarfaty Y.; Nunes T.; Bryant P. The Performance of Young Deaf Children in Spatial and Temporal Number Tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 9, nº 3, p. 315-326, 2004.

Zarfaty, Y.; Nunes, T.; Bryant, P. The Performance of Young Deaf Children in Spatial and Temporal Number Tasks. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 9, nº 3, p. 315-326, 2004.

Zevenbergen, R., & Hyde,M. & Power, D. (in press). Arithmetic word problems and deaf students: Linguistic strategies used by deaf students to solve problems. Journal of Mathematics Education Research. In Kelly, R. R.; Lang, H. G.; Mousley, K.; Davis, S. M. Deaf College Student's Comprehension of Relational Language in Arithmetic Compare Problems. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, v. 8, nº 2, p. 120-132, 2003b.

Anexo I – Tabela de Avaliação de Competidores

Avaliação do Desempenho	**S**	**P**	**N**
1.Apresenta recurso que permita avaliar o grau de compreensão do usuário?			
2.Apresenta feedback do desempenho usuário (pontuação, níveis)?			
3.Permite impressão de relatórios do desempenho do usuário?			
Amenidade de uso	**S**	**P**	**N**
4.Desperta e mantém o interesse do aluno, estimulando a reutilização?			
5.Apresenta *feedback* claro e motivadora quanto ao progresso do aluno?			
Interação	**S**	**P**	**N**
6.Apresenta meios disponíveis (mensagens) para aconselhar, orientar ou informar o usuário de sua interação?			
7.Apresenta algum tipo de ajuda com recursos multimídias?			
8.Apresenta diálogos/textos, na forma escrita, com fácil legibilidade, clareza e objetividade?			
9.Apresenta ícones representativos de suas funções?			
10.Apresenta *feedback* encorajador, variado e isento de carga negativa?			
Adaptabilidade	**S**	**P**	**N**
11.Contempla usuários em vários níveis de conhecimento?			
12.Permite o acesso do usuário a qualquer nível?			
13.Apresenta uma seqüência dos conceitos que evolui em grau de complexidade?			
Clareza	**S**	**P**	**N**
14.Apresenta grau de compreensão para o usuário sem a presença de um instrutor?			
Recursos Motivacionais	**S**	**P**	**N**
15.Apresenta recursos motivacionais para despertar e manter a atenção ao longo da interação?			
16.Os recursos motivacionais empregues contribuem para a motivação e compreensão dos conteúdos?			
17.Apresenta alguma metáfora de uso de material concreto?			
Conteúdo	**S**	**P**	**N**
18.Apresenta variedade de representação das estruturas aditivas?			
19.Apresenta afinidade com a proposta do *software*?			
Gestão de Erros	**S**	**P**	**N**
20.Persistindo no erro durante uma atividade, o *software* conduz o usuário, fornecendo-lhe explicações para a correção?			
21.Fornece a solução após longa persistência do erro?			

LEGENDA: S: SIM; P: PARCIALMENTE; N: Não.

Anexo II – Script de apresentação do teste de uso dos competidores

"Olá, meu nome é Maici e vou ficar com vocês durante todo o teste e fazer algumas anotações sobre o uso dos *software* que iremos apresentar. Esta é Terezinha Brandão que vai acompanhar o teste, filmando-o, este é Luiz Albérico que vai ter a função de explicar as atividades que vocês devem realizar através da Língua Brasileira de Sinais – LIBRAS."

"A vinda de vocês aqui é para me ajudarem a testar alguns programas que se propõem a ensinar matemática. Em nenhum momento estamos testando os conhecimentos de vocês e sim os programas para que depois possamos descobrir se eles estão realmente ajudando vocês a aprenderem. E também para descobrir o que crianças na idade de vocês têm facilidade em fazer e o que acham difícil de fazer nestes programas."

"Vou pedir para que vocês façam algumas tarefas nos programas e estarei aqui o tempo todo que vocês precisarem. Vocês podem falar o que quiserem, perguntar o que quiserem, como se vocês estivessem em sua casa ou na sua aula de informática na escola. Vocês podem interromper ou parar o teste a qualquer momento que quiserem."

"Também deixei disponível papel e lápis, caso vocês precisem usar."

"Durante o teste, estaremos observando e fazendo anotações. Todo o teste será filmado por meio de câmeras para que possamos ver depois."

"Alguém tem alguma dúvida?"

Anexo III – Formulário de consentimento

Formulário de consentimento

Caros Pais,

Eu, Maici Duarte Leite, mestranda em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco, estou trabalhando num estudo para elaborar um *software* (jogo) educativo para ajudar crianças aprender matemática.

Para minha pesquisa necessito da participação voluntária de 6 (seis) crianças, como seu filho, para usar 5 (cinco) *software* (jogo) educativos de matemática. Essa participação consiste resolver algumas atividades nos jogos (*software*), a fim de que possam ser analisados para identificarmos como poderemos construir algo melhor para ajudar crianças a aprender matemática.

A sessão dura, em torno de uma hora e meia. Onde estarão participando um facilitador/intérprete, um observador e o operador da filmadora para registrar todo o experimento. Esta sessão será realizada dentro da escola onde seu filho estuda com consentimento da Direção.

A filmagem é necessária para que seja possível fazer uma análise posterior, uma vez que estamos trabalhando com usuários da LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais) precisamos captar todos.

Obs.: As fitas com a gravação dos testes feitos pelas crianças estarão disponíveis a vocês. Esclareço que as informações obtidas a partir da participação de seu filho serão mantidas em sigilo. Qualquer material gravado ou transcrito será referenciado somente por um identificador. Todos os resultados apresentados na dissertação ou publicações científicas serão anônimos e o nome de filho não fará parte dos dados

Estou à disposição para qualquer esclarecimento.

Agradeço a compreensão e a colaboração.

Maici Duarte Leite
Mestranda em Ciência da Computação UFPE
Tels.: (81) 34 53 07 23 – (81) 88 16 81 24
Email: maicileite@yahoo.com.br

Orientador:
Prof. Alex Sandro Gomes
Centro de Informática da UFPE

Autorizo meu filho (minha filha) _____
a participar da avaliação de *software* infantil.

Recife, ____ de _____ de 2007.

_____
Nome do pai ou responsável (legível)

_____
Assinatura do pai ou responsável

Anexo IV - Questionário para identificação do perfil da dupla de participantes

Esta pesquisa é parte das atribuições para a obtenção de titulação de Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Tem por objetivo identificar as necessidades de representações e relações entre conceitos na interface de *software* educativo através da análise da interação e de estratégias de resolução das atividades solicitadas.

Para a viabilização deste estudo, solicitamos a sua colaboração para a entrevista, que tem por objetivo coletar informações sobre o perfil da dupla de participantes da pesquisa e sua experiência com recursos computacionais.

Informações gerais

Nome da criança1 (opcional): _____
Nome da criança2 (opcional): _____

Escola: _____
Sexo: _____

1. Quantos anos você tem?

C1_____
C2_____

2. Em qual a série você estuda atualmente?

C1_____
C2_____

Experiência computacional

3. Você sabe usar o computador?

C1_____
C2_____

4. Você tem aula de informática na escola? O que faz nas aulas?

C1_____ Sim _____
_____ Não _____

C2 _____ Sim _____
_____ Não _____

5. Você já usou anteriormente algum *software* matemático? Onde?

C1_____ Sim _____
_____ Não _____

C2 _____ Sim _____
_____ Não _____

Muito obrigada pela sua ajuda!

Anexo V – Formulário de observação

1. Escopo

Data	
Criança 1	
Criança 2	
Série	
Escola	
Facilitador/intérprete	

2. Aspectos a serem observados

Legenda de identificação dos *software*:

S1	Lousa
S2	2 + 2 Math for Kids
S3	Arthur
S4	Coelho Sabido na Terra do Queijo
S5	Passeio no Parque

a) Compreensão das regras de uso dos *software* concorrentes:

Software	Observações
S1	
...	
S5	

Outros comentários:

b) Feedback satisfatório emitido pelos software concorrentes:

Software	Observações
S1	
...	
S5	

Outros comentários:

c) Formas de representações exploradas pelos software concorrentes:

Software	Observações
S1	
...	
S5	

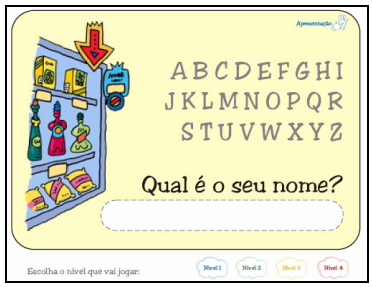
Outros comentários:

d) Forma de exploração do cálculo relacional e numérico adequado nos software concorrentes:

Software	Observações
S1	
...	
S5	

Anexo VI – Telas e partes móveis do protótipo usadas no teste piloto

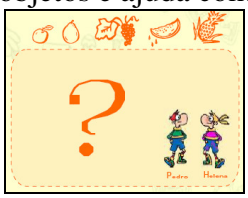
Telas:

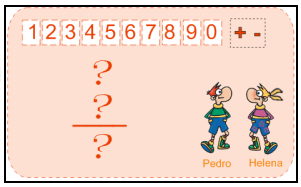


Partes móveis:

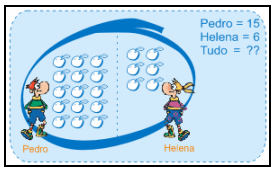
- Ajuda

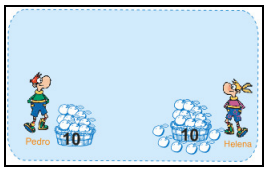
- Ajuda objetos e ajuda conta

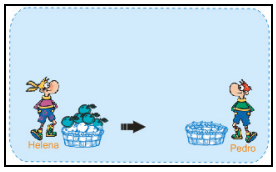


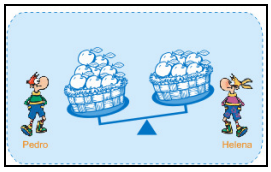


- Ajuda diagramas

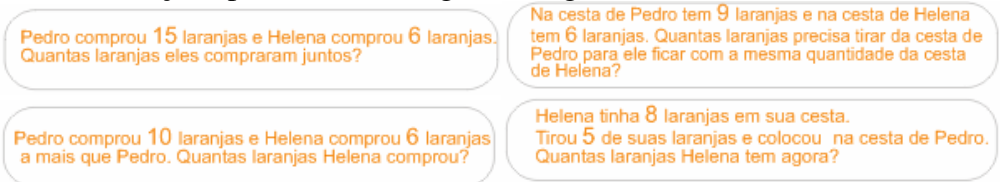








- Situações-problema na Língua Portuguesa escrita



- Números

Anexo VII - Script de apresentação do teste piloto e de usabilidade

"Olá, meu nome é Maici e vou ficar com você durante todo o experimento. Vou mostrar um jogo no papel e movimentar as folhas como se fossem as telas do jogo no computador, também vou fazer algumas perguntas a vocês. Este é Luiz Albérico que vai ter a função de explicar as atividades que vocês devem realizar através da Língua Brasileira de Sinais – LIBRAS, bem como, interpretar minhas perguntas."

"A sua participação é para contribuir no teste de um jogo que organizamos para ensinar a resolver problemas matemáticos. Em nenhum momento estamos testando os seus conhecimentos e sim o jogo, para verificar se ele pode realmente ajudar crianças como você a aprender matemática."

"Vou pedir para que você resolva alguns problemas de matemática. Você pode falar o que quiser e/ou perguntar o que quiser. Você também pode desistir de participar da atividade a qualquer momento."

"Durante o teste, estaremos observando e fazendo anotações. Todo o teste será filmado para que possamos analisar depois."

"Você tem alguma dúvida?"

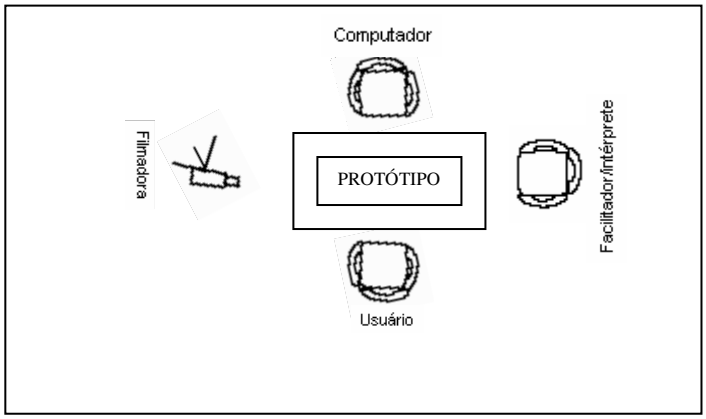
Anexo VIII - Script de orientação do teste piloto

Orientações específicas a equipe

- O teste de usabilidade será filmado, uma vez que a comunicação dos usuários, participantes do teste piloto, é prioritariamente em LIBRAS. Assim a captura da manipulação das telas e interação com a interface, bem como, a interação do usuário em LIBRAS é imprescindível;
- O facilitador/intérprete e o "computador" não devem intervir, enquanto o usuário realiza a tarefa solicitada, embora ambos estejam atentos a qualquer tipo de problema que o usuário encontre na interação com o protótipo;
- O facilitador/intérprete deverá solicitar que o usuário verbalize/justifique suas ações, após a finalização das mesmas;
- O facilitador/intérprete deve evitar ajudar o usuário na execução das tarefas, oferecendo apenas alguma dica, caso o usuário fique completamente perdido;
- O facilitador/intérprete não deve revelar ao usuário quantas tarefas compõem o teste;
- A função do "computador" é simular toda a interação do usuário com o protótipo, assim deve estar ciente de todo o funcionamento do protótipo antes de iniciar o teste;
- O "computador" poderá fazer perguntas somente após a conclusão da tarefa pelo usuário;
- O "computador" poderá organizar as telas e as partes móveis da maneira que ele achar mais conveniente para manipular.

Organização da equipe e demais orientações

1. Após facilitador/intérprete e "computador" reverem suas ações e responsabilidades darão início a organização dos materiais e equipamentos necessários para aplicação do teste piloto, conforme disposição abaixo:



2. O facilitador/intérprete explica o propósito do teste piloto (avaliar o uso do protótipo para aprendizagem de situações-problema) e o papel de cada pessoa que compõe a equipe (computador e facilitador/intérprete);
3. O facilitador/intérprete inicia todas as formalidades do experimento. Primeiramente, as saudações e apresentação (Anexo VII) interpretadas em LIBRAS. A seguir solicita a entrega do formulário de consentimento (Anexo IX);

4. O facilitador/intérprete deixa claro que é o protótipo que está sendo avaliado e não o desempenho individual do participante e, com isso o participante pode se sentir a vontade para encerrar a participação no experimento a qualquer momento que desejar;
5. O "computador" explica como o usuário pode interagir com o protótipo (botões, campos de preenchimento, ícones). Fazendo um treinamento prévio do uso da interface;
6. Caso a tarefa ou alguma funcionalidade não faça sentido, facilitador/intérprete deve tirar a dúvida sem, contudo fornecer a resposta direta. Pode inclusive interagir com as funcionalidades da tela do protótipo caso o usuário encontre-se perdido;
7. O facilitador/intérprete apresenta a primeira atividade ao participante;
8. Após a conclusão ou não da tarefa, o facilitador/intérprete gerencia as perguntas ao usuário referente a estratégia de resolução da tarefa;
9. O facilitador/intérprete apresenta a segunda tarefa e procede de modo semelhante aos passos 7 e 8 deste script. E assim sucessivamente até a tarefa 4;
10. O facilitador/intérprete agradece a presença do participante e finaliza o teste;
11. A equipe finaliza a aplicação do teste por participante e discute cada tópico observado, lista-os conforme a importância e separa para serem analisados para poderem ser encaminhados ao design;
12. Segue sucessivamente chamando os próximos participantes do teste, até finalizar.

Anexo IX – Formulário de consentimento do teste piloto e do teste de usabilidade

Formulário de consentimento

Caros Pais,

Eu, Maici Duarte Leite, mestranda em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco, estou trabalhando num estudo para elaborar um *software* (jogo) educativo para ajudar crianças aprender matemática.

Para minha pesquisa necessito da participação voluntária de 5 (cinco) crianças, como seu filho para testar o *software* (jogo). Essa participação consiste realizar resolver algumas tarefas envolvendo problemas matemáticos, a fim de que possam ser analisados posteriormente para identificarmos a necessidade de alterações.

A sessão dura em torno de em média uma hora. Onde estarão participando um facilitador/intérprete e o pesquisador. Esta sessão será realizada dentro da escola onde seu filho estuda com consentimento da Direção.

A filmagem é necessária para que seja possível fazer uma análise posterior, uma vez que estamos trabalhando com usuários da LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais) precisamos captar todos.

Obs.: As fitas com a gravação dos testes feitos pelas crianças estarão disponíveis a vocês. Esclareço que as informações obtidas a partir da participação de seu filho serão mantidas em sigilo. Qualquer material gravado ou transcrito será referenciado somente por um identificador. Todos os resultados apresentados na dissertação ou publicações científicas serão anônimos e o nome de filho não fará parte dos dados.

Estou à disposição para qualquer esclarecimento.

Agradeço a compreensão e a colaboração.

Maici Duarte Leite
Mestranda em Ciência da Computação UFPE
Tels.: (81) 34 53 07 23 – (81) 88 16 81 24
E-mail: maicileite@yahoo.com.br

Orientador:
Prof. Alex Sandro Gomes
Centro de Informática da UFPE

Autorizo meu filho (minha filha) _____
a participar da avaliação de *software* infantil.

Recife, ____ de _____ de 2007.

_____
Nome do pai ou responsável (legível)

_____
Assinatura do pai ou responsável

Anexo X – Teste de verificação de interpretação e compreensão da Língua Portuguesa escrita

Trecho em Língua Portuguesa:

Pedro e Helena são irmãos. Em sua casa esta faltando frutas. Precisam comprar frutas no mercado. Você pode ajudar?

Trecho em LIBRAS:

MENINO PEDRO. IRMÃO MENINA HELENA. CASA FALTA FRUTA COMIDA. PRECISA COMPRAR. VOCÊ AJUDAR?

Observação:

O texto foi elaborado e traduzido para a LIBRAS pelo especialista, Luiz Albérico Barbosa Falcão, já citado neste estudo.

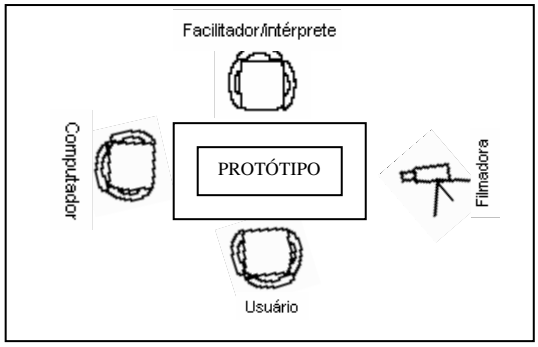
Anexo XI - Script de orientação do teste de usabilidade

Orientações específicas a equipe

- O teste de usabilidade será filmado, uma vez que a comunicação dos usuários, participantes do teste piloto, é prioritariamente em LIBRAS. Assim a captura da manipulação das telas e interação com a interface, bem como, a interação do usuário em LIBRAS é imprescindível;
- O facilitador/intérprete e o "computador" não devem intervir, enquanto o usuário realiza a tarefa solicitada, embora ambos estejam atentos a qualquer tipo de problema que o usuário encontre na interação com o protótipo;
- O facilitador/intérprete deverá solicitar que o usuário justifique suas ações, após a finalização das mesmas;
- O facilitador/intérprete deve evitar ajudar o usuário na execução das tarefas, oferecendo apenas alguma dica, caso o usuário fique completamente perdido;
- O facilitador/intérprete não deve revelar ao usuário quantas tarefas compõem o teste;
- Após a conclusão de cada tarefa o facilitador/intérprete interpretará as perguntas do teste de aceitação (anexo XV) para cada usuário;
- A função do "computador" é simular toda a interação do usuário com o protótipo, assim deve estar ciente de todo o funcionamento do protótipo antes de iniciar o teste;
- O "computador" poderá fazer perguntas somente após a conclusão da tarefa pelo usuário;
- O "computador" poderá organizar as telas e as partes móveis da maneira que ele achar mais conveniente para manipular.

Organização da equipe e demais orientações

1. Após facilitador/intérprete e "computador" reverem suas ações e responsabilidades dará início à organização dos materiais e equipamentos necessários para aplicação do teste piloto, conforme disposição abaixo:



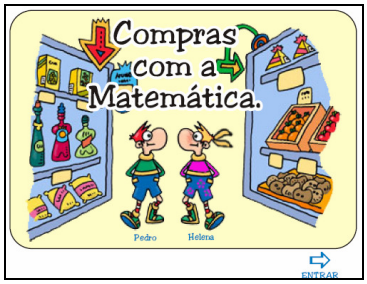
2. O facilitador/intérprete explica o propósito do teste (avaliar o uso do protótipo para aprendizagem de situações-problema) e o papel de cada pessoa que compõe a equipe (computador e facilitador/intérprete), a cada participante de forma individual, uma vez que será convidado um participante por vez para entrar na sala;
3. O facilitador/intérprete inicia todas as formalidades do experimento.

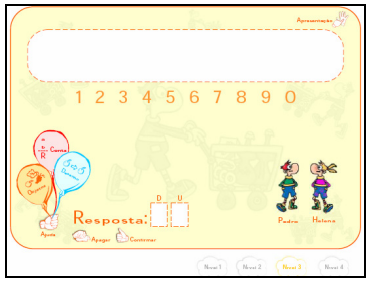
Primeiramente, as saudações e apresentação (Anexo VII) interpretadas em LIBRAS. A seguir solicitamos a entrega do formulário de consentimento (Anexo IX);

4. O facilitador/intérprete deixa claro que é o protótipo que está sendo avaliado e não o desempenho individual do participante e, com isso o participante pode se sentir a vontade para encerrar a participação no experimento a qualquer momento que desejar;
5. O facilitador/intérprete e o "computador" disponibilizarão o protótipo para que o usuário possa treinar previamente suas funcionalidades (identificação, ajuda, confirmar, apagar);
6. Caso a tarefa ou alguma funcionalidade não faça sentido o facilitador/intérprete deve tirar a dúvida sem, contudo fornecer a resposta direta. Pode inclusive interagir com as funcionalidades da tela do protótipo caso o usuário encontre-se perdido;
7. O facilitador/intérprete apresenta a primeira atividade ao usuário. No caso, o participante precisará ler a tarefa. O facilitador/intérprete irá perguntar se o participante entendeu o que está escrito. Em caso negativo, será apresentada a mesma tarefa na escrita em da LIBRAS, conforme a gramática desta língua. Novamente o facilitador/intérprete irá perguntar se o participante entendeu. Em caso negativo, a tarefa será interpretada pelo facilitador/intérprete na LIBRAS. Caso o participante, consiga ler e compreender a tarefa, as demais serão apresentadas sucessivamente.
8. Após a conclusão ou não da tarefa, o facilitador/intérprete gerencia as perguntas ao participante;
9. O facilitador/intérprete apresenta a segunda tarefa e procede de modo semelhante aos passos 7 e 8 deste *script*. E assim sucessivamente até a tarefa 4;
10. O facilitador/intérprete agradece a presença do participante e finaliza o teste;
11. A equipe finaliza a aplicação do teste por participante e discute cada tópico observado, lista-os conforme a importância e separa para serem analisados para poderem ser encaminhados ao design;
12. Segue sucessivamente chamando os próximos participantes do teste, até finalizar.

Anexo XII – Telas e partes móveis do protótipo do teste de usabilidade

Telas:

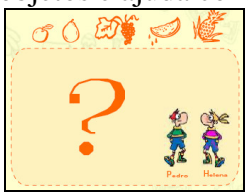


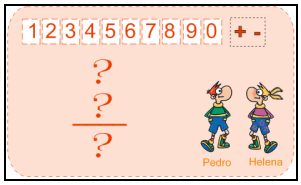


Partes móveis:

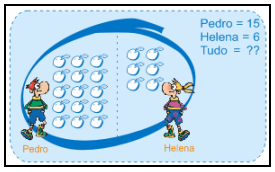
- Ajuda

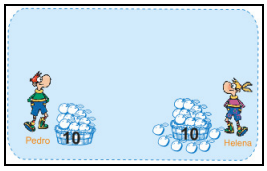
- Ajuda objetos e ajuda conta

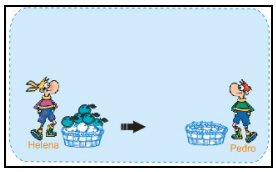


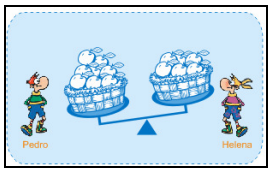


- Ajuda diagramas

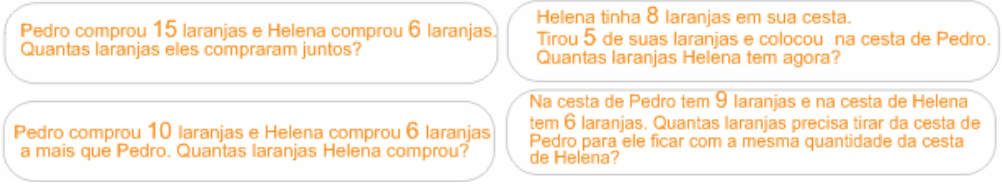








- Situações-problema na Língua Portuguesa escrita



- Situações-problema na LIBRAS escrita

MENINO COMPRAR 10 LARANJA.
MENINA COMPRAR 6 MAIS.
MENINA COMPRAR QUANTO? CONTA?

MENINO LARANJA COMPRAR 9.
MENINA COMPRAR 6. MENINA PENSAR COMO FICAR IGUAL A MENINO. PRECISA TIRAR.
TIRAR QUANTO?

- Números

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

- Personagens:

Pedro

Helena

Anexo XIII – Apresentação das tarefas do teste de usabilidade final

Tarefa

1. O "computador" apresentará ao participante a tela inicial do protótipo, onde o mesmo irá entrar através do clique na opção ENTRAR (figura 1.1);

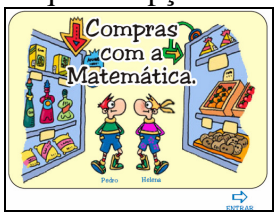


Figura 1.1 – Tela principal

2. A seguir, a próxima tela surge para o participante identificar-se via alfabeto que aparece na tela e seleciona o Nível 3 na tela (Figura 1.2). Para o participante compreender que deve selecionar o Nível 3 estaremos usando uma metáfora de seta indicativa, levando a compreender que deve clicar no local que a seta indica.

Figura 1.2 – Tela de identificação

3. Ao entrar no Nível 3 (Figura 1.3).

Figura 1.3 – Tela inicial principal do nível 3

4. A primeira tarefa é apresentada. No caso, o participante precisará ler a tarefa. O facilitador/intérprete perguntar se o participante entendeu o que está escrito. Em negativo, será apresentada a mesma tarefa na escrita em da LIBRAS, conforme a gramática desta língua. Novamente o facilitador/intérprete irá perguntar se o participante entendeu. Em caso negativo, a tarefa será interpretada pelo facilitador/intérprete na LIBRAS. Caso o participante, consiga ler e compreender a tarefa, as demais serão apresentadas sucessivamente;
5. O participante poderá explorar as 3 formas de ajuda (material concreto, algoritmo e diagrama), se julgar necessário;
6. Em caso de resposta incorreta o *computador* irá fornecer na tela um *feedback* orientando para usar a AJUDA*;*
7. Cada ajuda apresenta um *feedback* distinto que depende da situação-problema e do tipo de ajuda usada, pois verificará o invariante mobilizado para ser aplicado a interface.

Anexo XIV – Ordem da apresentação e tradução das tarefas

Ordem de apresentação das tarefas e tradução para LIBRAS

Consideramos interessantes apresentarmos a categoria a que se refere cada situação-problema, a escrita em Língua Portuguesa e a tradução para a LIBRAS.

1ª ordem

As tarefas serão apresentadas a 3 participantes numa seqüência de complexidade, mais baixa para uma mais alta, conforme organização abaixo:

Categoria	Situação-problema Língua Portuguesa escrita	Situação-problema Escrita da LIBRAS
Combinação	Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?	MENINO LARANJA COMPRAR 15. MENINA COMPRAR 6. QUANTO JUNTOS? CONTA?
Comparação	Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?	MENINO COMPRAR 10 LARANJA. MENINA COMPRAR 6 MAIS. MENINA COMPRAR QUANTO? CONTA?
Mudança	Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?	MENINA LARANJA TER 8. MENINO NÃO TER. MENINA DAR MENINO 5. QUANTO MENINA TER? CONTA?
Igualização	Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?	MENINO LARANJA COMPRAR 9. MENINA COMPRAR 6. MENINA FICAR IGUAL MENINO. PRECISA TIRAR. QUANTO TIRAR? CONTA ?

2ª ordem

Nesta ordem o nível de complexidade será do mais alto para o mais baixo e serão aplicadas aos outros 2 participantes do grupo composto por 5 participantes, conforme organização abaixo:

Categoria	Situação-problema Língua Portuguesa escrita	Situação-problema Escrita da LIBRAS
Igualização	Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta de Helena?	MENINO LARANJA COMPRAR 9. MENINA COMPRAR 6. MENINA COMO FICAR IGUAL MENINO. PRECISA TIRAR. QUANTO TIRAR? CONTA ?

Mudança	Helena tinha 8 laranjas em sua cesta. Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro. Quantas laranjas Helena tem agora?	MENINA LARANJA TER 8. MENINO NÃO TER. MENINA DAR MENINO 5. QUANTO MENINA TER? CONTA?
Comparação	Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?	MENINO COMPRAR 10 LARANJA. MENINA COMPRAR 6 MAIS. MENINA COMPRAR QUANTO? CONTA?
Combinação	Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas. Quantas laranjas eles compraram juntos?	MENINO LARANJA COMPRAR 15. MENINA COMPRAR 6. QUANTO JUNTOS? CONTA?

Anexo XV – Teste de Aceitação do teste usabilidade

TESTE DE ACEITAÇÃO
Nome da criança: _____
Idade: _____
Sexo: ( ) masculino ( ) feminino

Marca com um X a que identifica a resposta do participante.

Inteligibilidade dos itens	Sim	Um pouco	Não
1. Você encontrou facilidade para entender os itens da tela?			

Layout da interface representativo de suas funções	Sim	Um pouco	Não
2. Você gostou dos desenhos e figuras apresentados nas telas?			

Formas de ajuda	Sim	Um pouco	Não
3. Você gostou das formas de ajuda que usou?			
4. A ajuda contribuiu para você encontrar a resposta certa?			

Uso da Língua Portuguesa escrita	Sim	Um pouco	Não
5. Você compreendeu o que estava escrito na tela?			

Comunicação e sinais	Sim	Um pouco	Não
6. Os sinais apresentados na tela ajudaram você a compreender com mais facilidade a tela?			

Feedback	Sim	Um pouco	Não
7. Mensagens emitidas ajudaram você a encontrar a resposta certa?			

Facilidade de uso do *software*	Sim	Um pouco	Não
8. Você achou fácil usar este *software*?			

Resolução das tarefas usando a interface	Sim	Um pouco	Não
9. Você achou mais fácil resolver os problemas do que o método que sua professora usa em sala de aula?			

Anexo XVI – Tarefas do teste de usabilidade

Tarefas em Língua Portuguesa escrita

Helena tinha 8 laranjas em sua cesta.
Tirou 5 de suas laranjas e colocou na cesta de Pedro.
Quantas laranjas Helena tem agora?

Pedro comprou 15 laranjas e Helena comprou 6 laranjas
Quantas laranjas eles compraram juntos?

Pedro comprou 10 laranjas e Helena comprou 6 laranjas
a mais que Pedro. Quantas laranjas Helena comprou?

Na cesta de Pedro tem 9 laranjas e na cesta de Helena
tem 6 laranjas. Quantas laranjas precisa tirar da cesta de
Pedro para ele ficar com a mesma quantidade da cesta
de Helena?

Tarefas em LIBRAS escrita

MENINO LARANJA COMPRAR 15.
MENINA COMPRAR 6. QUANTO JUNTOS?
CONTA?

MENINO COMPRAR 10 LARANJA.
MENINA COMPRAR 6 MAIS.
MENINA COMPRAR QUANTO? CONTA?

MENINA LARANJA TER 8. PENSAR. MENINO NÂO TER.
MENINA DAR 5 MENINO.
QUANTO MENINA TER? CONTA?

MENINO LARANJA COMPRAR 9.
MENINA COMPRAR 6. MENINA PENSAR COMO
FICAR IGUAL A MENINO.
PRECISA TIRAR.TIRAR QUANTO?

Dissertação de Mestrado apresentada por **Maici Duarte Leite** à Pós-Graduação em Ciência da Computação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título **"Design da Interação de Interfaces Educativas para o Ensino de Matemática para Crianças e Jovens Surdos"**, orientada pelo **Prof. Alex Sandro Gomes** e aprovada pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Prof. Geber Lisboa Ramalho
Centro de Informática / UFPE

Prof. José Aires de Castro filho
Departamento de Fundamentos da Educação / UFC

Prof. Alex Sandro Gomes
Centro de Informática / UFPE

Visto e permitida a impressão.
Recife, 27 de agosto de 2007.

Prof. FRANCISCO DE ASSIS TENÓRIO DE CARVALHO
Coordenador da Pós-Graduação em Ciência da Computação do
Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco.