Modelo Computacional para a Acessibilização de Materiais Didáticos Digitais para Alunos com Deficiência Visual

Maurício C. Rosito[1], Greice Roman[1]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) - Campus Bento Gonçalves - RS - Brasil

{mauricio.rosito, greice.roman}@bento.ifrs.edu.br

Abstract. *The inclusion of students with special needs in school is, already, a widely discussed topic in the academic environment, since these students are more numbers in the classrooms of regular schools. However, many teachers do not know how to develop a material that is accessible to this student profile. Considering this scenario, this research aimed to develop a computational model that supports the online validation of documents during the production of educational materials accessible to students with visual impairments. We present the model and the results of an experimental study, using a tool that implements the proposed model, conducted with teachers and university students..*

Resumo. *A inclusão de alunos com necessidades especiais na escola já é um tema bastante discutido no ambiente acadêmico, uma vez que estes alunos são cada vez mais comuns nas salas de aula de ensino regular. Porém, muitos professores não sabem como desenvolver um material que esteja acessível para este perfil de aluno. Em vista deste cenário, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um modelo computacional que apoie na validação online de documentos durante a produção de materiais didáticos acessíveis para alunos com deficiência visual. Apresentamos o modelo e os resultados de um estudo experimental, utilizando uma ferramenta que implementa o modelo proposto, realizado com professores e alunos universitários.*

1. Introdução

A emergência das tecnologias de informação e de comunicação tem estabelecido, de forma exponencial, um conjunto de ferramentas que oportunizam ao homem contemporâneo uma efetiva participação em espaços sociocognitivos. Essa evolução tecnológica tem imposto modificações em diferentes áreas da atividade humana, imprimindo mudanças na forma de perceber e representar a realidade. As tecnologias computacionais conquistam uma relevância social, ainda maior quando o foco de análise recai sobre a Tecnologia Assistiva (TA), em sua possibilidade de adaptar espaços às especificidades de seus usuários.

Atualmente, existem inúmeras possibilidades de tecnologia assistiva, desde artefatos simples que garantem acessibilidade a qualquer pessoa com necessidades especiais até objetos ou softwares mais sofisticados e mais específicos, de acordo com a necessidade de cada pessoa, contribuindo, dessa maneira, para uma maior independência, qualidade de vida e possibilidade de inclusão social. Entretanto, apesar

das inúmeras vantagens que tais ferramentas fazem emergir, no sentido de permitir o acesso à informação, à comunicação, o entretenimento, o lazer e o controle do ambiente, novos obstáculos são impostos às pessoas que possuem alguma limitação, dificultando e, até mesmo, impossibilitando processos de mediação digital. O que ocorre é que usuários que possuem limitações, ao interagirem com ambientes virtuais, muitas vezes têm dificuldades de acesso, navegação ou não compreendem as informações veiculadas.

Diversas pesquisas já estão sendo desenvolvidas com o objetivo desenvolver software e hardware adaptativos. França et al (2005) apresenta o TOOLKIT TUPI, uma biblioteca de componentes para desenvolvedores de sistemas para acessibilidade de deficientes motores. Filho e Bica (2008) apresentam um modelo de interação que, através da padronização da maneira como os elementos são distribuídos na tela, torne-se intuitivo ao deficiente visual pleno, de forma a viabilizar inclusive a utilização do mouse por esses usuários. Silveira et al (2007) realizaram uma avaliação dos softwares Virtual Vision, Jaws e NVDA com base no modelo de qualidade de software NBR ISO/IEC 9126. Sonza et al (2008) apresentam os resultados da investigação de três interfaces (o ambiente Eduquito[1], o site da Secretaria de Educação Especial do Ministério da Educação - SEESP/MEC[2] e o site do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves - CefetBG[3]), que possuem o selo de acessibilidade, realizada por meio de mecanismos de validação automáticos e manuais. Abreu et al (2010) apresenta um conjunto de recomendações para auxílio de projetistas de interfaces quando dos seus projetos de TICs dedicados à alfabetização de crianças surdas. Bruckschen et al (2007) apresenta um relato de desenvolvimento de software educacional acessível e livre, voltado para inclusão de pessoas com deficiências visuais.

Nesse contexto, este artigo apresenta uma proposta de modelo computacional para realizar a validação online de documentos digitais, em formato texto, durante a produção de materiais didáticos acessíveis para alunos com deficiência visual. Este modelo, denominado Modelo de Acessibilidade de Documentos Digitais (MADD), inclui um conjunto de regras para o desenvolvimento de documentos acessíveis usando softwares editores de texto. Com base no MADD torna-se possível o desenvolvimento de ferramentas para o apoio para o desenvolvimento de materiais didáticos acessíveis. Neste sentido, foi desenvolvida a ferramenta denominada Validador de Acessibilidade de Documentos Digitais (VADD) que atua como um Plugin para um software editor de textos já existente e muito utilizado.

2. Educação Especial e Tecnologia Assistiva

A educação especial é uma modalidade que procura oferecer ensino de qualidade aos alunos com necessidades especiais e pressupõe que esse ensino ocorra, preferencialmente, em escolas da rede regular. Um dos primeiros e principais documentos que tratam da educação especial é a Declaração de Salamanca [UNESCO, 1994], onde foi proclamado, entre outros assuntos, que os sistemas de ensino deverão se organizar considerando as diferentes características e necessidades dos sujeitos,

[1] Disponível em http://libra.niee.ufrgs.br/~eduquito.

[2] Disponível em http://www.mec.gov.br/seesp.

[3] Disponível em http://www.cefetbg.gov.br.

permitindo que pessoas com necessidades especiais tenham acesso às escolas comuns, as quais devem representar um meio eficaz de combate à discriminação, criando comunidades acolhedoras e uma sociedade passível de alcançar a educação para todos.

No âmbito da legislação brasileira, pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 9.394 [Brasil, 1996], os sistemas de ensino deverão assegurar aos alunos com necessidades especiais currículo, métodos, recursos e organização que atendam às suas necessidades, além de professores com formação adequada para atendimento especializado. Segundo a Secretaria de Educação Especial [MEC, 2009], o público-alvo da educação especial são as pessoas com alguma deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e com altas habilidades ou superdotação. Dessa forma, faz-se necessário garantir que essa educação seja, de fato, inclusiva, assegurando aos alunos todo o conjunto de fatores e recursos necessários a uma educação de qualidade.

Um passo importante nesse processo é ter conhecimento sobre os recursos que servem como facilitadores na busca pela inclusão, como, por exemplo, os recursos de tecnologia assistiva. O Comitê de Ajudas Técnicas da Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência [CAT, 2007] definiu tecnologia assistiva como uma área interdisciplinar do conhecimento, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que possuem como objetivo a promoção da autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social de pessoas com deficiência.

Surdos não-oralizados conversando com deficientes visuais via Internet; estes lendo livros, revistas, jornais eletrônicos, apoiados por sintetizadores de voz; pessoas que não possuem movimentos nos membros superiores e/ou inferiores comandando o computador, são algumas práticas de interação social que revelam a importância de modelar ferramentas e interfaces computacionais que favoreçam o reconhecimento e a valorização da diversidade humana. Com base neste cenário, neste artigo é abordada a questão referente a inclusão de alunos com deficiência visual pensando no seu acesso aos materiais didáticos digitais.

3. Modelo para Acessibilização de Materiais Didáticos Digitais

Neste artigo está sendo proposto um modelo computacional, chamado MADD, para apoiar no processo de acessibilização de materiais didáticos digitais para alunos com deficiência visual, considerando o uso de software editores de texto. Objetivando delimitar o escopo deste modelo, este modelo abrange os conceitos e funcionalidades disponibilizados no editor de texto Microsoft Word (Marques e Costa, 2011). Esta escolha deve-se ao elevado número de usuários deste software. De modo a explicar o modelo MADD (Figura 1), seus principais elementos serão descritos.

Neste modelo, a classe *ActiveDocument* representa um documento do Microsoft Word, ou seja, uma página que contém diversos elementos, tal como: tabelas, figuras e gráficos. A classe *InlineShapes* representa elementos gráficos que podem ser figuras (classe *InlineShapePicture*) e gráficos (classe *InlineShapeChart*).A classe *Content* está relacionada com o conteúdo textual que o documento apresenta. Um documento deste editor de texto (classe *ActiveDocument*) pode conter notas de rodapé (classe *Footnotes*) e tabelas (classe *Tables*). Uma tabela é formada por colunas (classe *Columns*) e linhas (classe *Rows*).

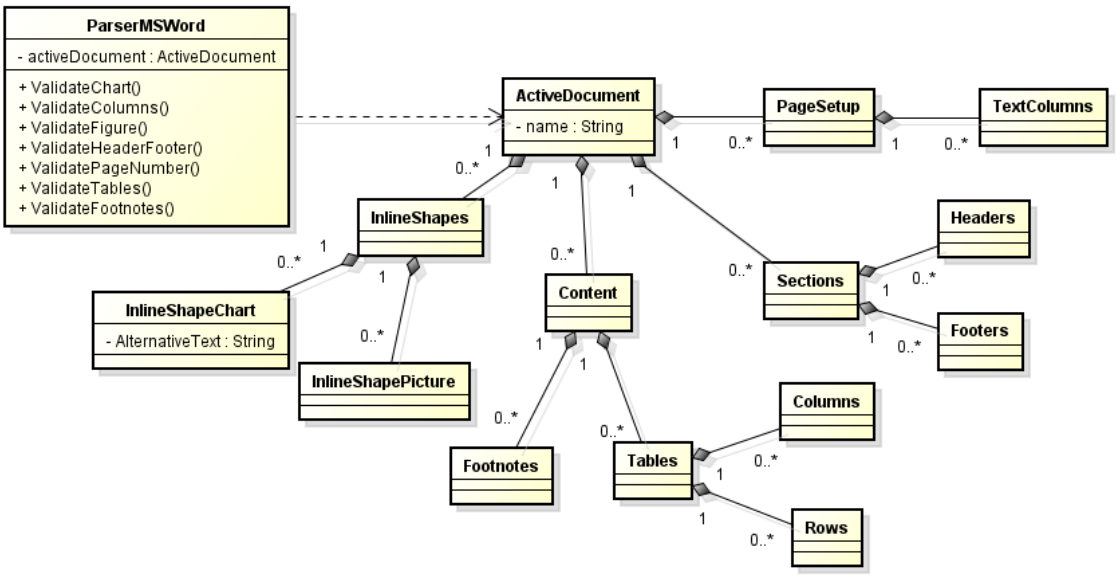

Figura 1. Classes do modelo MADD

A classe *Sections* representa as diferentes seções em que podemos dividir um documento. Desta forma, podemos identificar o cabeçalho (classe *Headers*) e o rodapé (classe *Footers*). Ainda, um documento pode ter diferentes formatações (identificadas pela classe *PageSetup*), de maneira que a classe *TextColumns* identifica em quantas colunas o documento está dividido.

No âmbito desta pesquisa, foi necessário desenvolver um conjunto de restrições para atuar em conjunto com este software comercial (ver Tabela 1). Tais características, em sua maioria, visam garantir a consistência do modelo e não puderam ser expressas no diagrama devido a falta de expressividade do diagrama de classes da UML para este fim. Estas regras podem, contudo, ser definidas através de uma linguagem para especificação formal de restrições, tal como a Object Constraint Language (OCL) [Warmer and Kleppe, 1999]. Neste artigo optou-se por grafá-las em linguagem natural, para facilitar a compreensão.

Tabela 1: Principais restrições do modelo MADD

#	Restrições do modelo MADD
1	Um documento não deve conter notas de rodapé. Nem todos os leitores de tela conseguem ler as informações contidas em notas de rodapé.
2	Um documento não deve conter imagens sem texto alternativo.
3	Um documento não deve conter gráficos sem texto alternativo.
4	Um documento não deve conter tabelas com linhas mescladas.
5	Um documento não deve conter tabelas com colunas mescladas.
6	Um documento não deve conter cabeçalho. Nem todos os leitores de tela conseguem ler as informações contidas no cabeçalho.
7	Um documento não deve conter rodapé. Nem todos os leitores de tela conseguem ler as informações contidas no rodapé.
8	Um documento não deve conter mais de uma coluna. Nem todos os leitores de tela conseguem ler as informações contidas em mais de uma coluna no documento.
9	Um documento não deve conter número de página no rodapé. Nem todos os leitores de tela conseguem ler as informações contidas para á área reservada ao número de página.

Um protótipo, denominado Validador de Acessibilidade de Documentos Digitais (VADD), foi desenvolvido para demonstrar os conceitos propostos pelo modelo computacional MADD e pelo seu conjunto de regras. Esta ferramenta tem como objetivo oferecer algum tipo de suporte aos professores durante a confecção de materiais didáticos acessíveis para alunos com deficiência visual. Para atingir este objetivo, este software foi desenvolvido de forma modular, permitindo que ele absorva novas funcionalidades de forma rápida e sem comprometer sua estrutura. Atualmente, o VADD tem integrado ao seu ambiente os módulos Word Validator e BackOffice.

O módulo Word Validator atua como um plugin para o software Microsoft Word e executa as regras de validação do modelo MADD. Esta opção permite ao VADD tirar proveito dos recursos que já foram implementados neste editor de texto em conformidade com o modelo proposto. Assim, este módulo foi criado com o objetivo de ajudar e auxiliar professores e/ou pessoas que possam a vir desenvolver materiais didáticos digitais acessíveis (ver Figura 2).

O módulo de Backoffice é responsável por registrar as informações exigidas pelo modelo MADD, tais como o conjunto de regras definidas pelo modelo desenvolvido. Estas informações são utilizadas pelo módulo Word Validator durante o processo de validação dos documentos digitais.

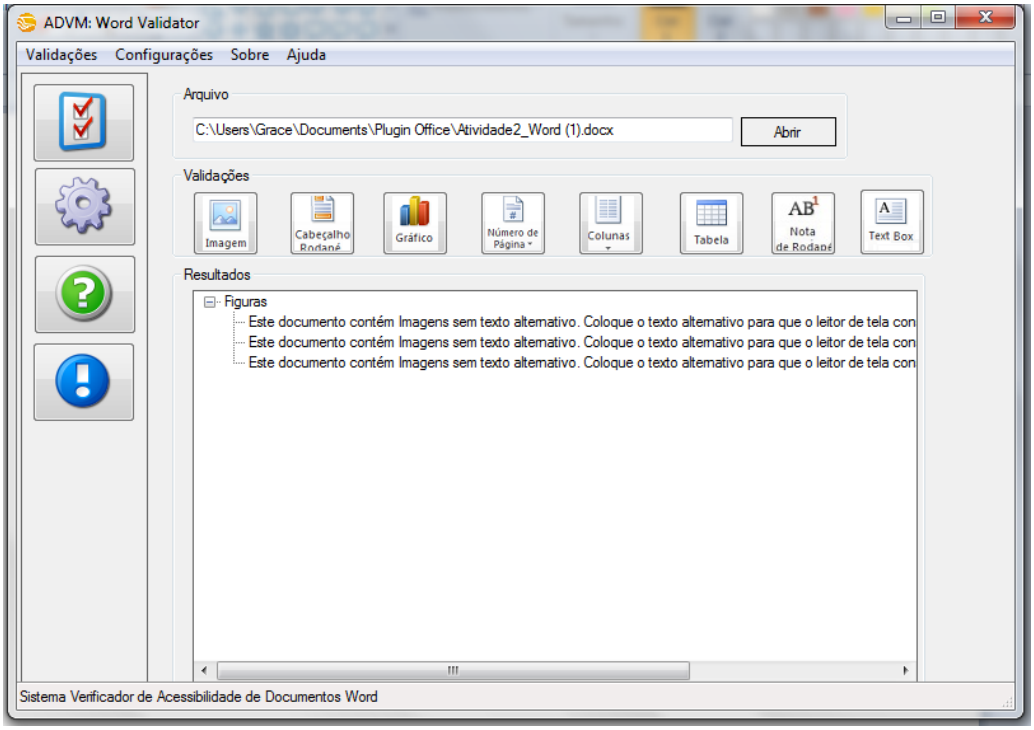

Figura 2. Interface do módulo Word Validator

4. Avaliação do Modelo

Para realizar a avaliação de modelos e produtos, onde o fator humano é considerado, a literatura fornece algumas abordagens com base em uma estratégia experimental. Pfleeger e Atlee (2009) sugerem as seguintes abordagens para avaliar processos, produtos e recursos: (a) análise de funcionalidades (*feature analysis*); (b) estudos de caso (*case studies*); (c) pesquisas (*surveys*); e (d) experimentos (*experiments*).

A análise de funcionalidades é usada para avaliar e classificar os atributos/características de um produto de software. No entanto, esta estratégia não avalia o comportamento dos dados em termos de causa e efeito. Estudo de caso é usado para organizar as informações sobre um caso/situação específico e, em seguida, analisar estas informações buscando padrões nestes dados e uma posterior análise, realizada através da comparação com outros casos/situações. Survey é um estudo retrospectivo para documentar as expectativas e resultados relacionados a determinadas situações. Esta técnica pode também ser aplicada para realizar uma avaliação empírica dos resultados através de indicadores qualitativos. No entanto, não há manipulação de variáveis de entrada neste estudo. Estudos experimentais, por outro lado, representam um tipo mais controlado de estudo, geralmente conduzido em laboratórios. Nesta abordagem, os valores das variáveis independentes (entradas do experimento) são manipulados para observar as alterações nos valores das variáveis dependentes (saídas do experimento). No final do experimento, os resultados são analisados, interpretados, apresentados e empacotados.

Nesta pesquisa, foi escolhida a utilização de um método formal de experimento No entanto, como o experimento possui uma abordagem quantitativa [Wohlin et. al., 2000], um Survey também foi utilizado para avaliar os dados qualitativos.

4.1 Planejamento e Execução do Estudo Experimental

Nesta pesquisa, as propostas de [Juristo e Moreno, 2003] e [Wohlin et al, 2000] foram utilizados como guias para realizar esta experiência. Assim, o processo de experimentação adotado inclui as seguintes atividades principais: (1) Definição dos objetivos dos experimentos; (2) Design dos experimentos; (3) Execução dos experimentos; e (4) A análise dos resultados coletados a partir dos experimentos.

Experimentos baseiam-se na análise de fenômenos. Assim, durante a definição dos objetivos, a hipótese geral é definida em termos de quais variáveis do fenômeno vão ser examinados. A técnica Goal-Question-Metric (GQM) [Solingen e Berghout, 1999] foi utilizada neste estudo, estabelecendo o objetivo geral e a forma de medição dos dados. Seguindo esta abordagem, foi decidido que o objetivo deste experimento é comparar a precisão e o esforço no desenvolvimento de documentos digitais acessíveis usando ou não o conjunto de regras e restrições do modelo MADD.

A atividade de design envolve a criação de uma espécie de plano segundo o qual o experimento deve ser realizado. Este plano decide quais variáveis devem ser examinadas, quais dados devem ser coletados, quantos experimentos devem ser conduzidos e quantas vezes os experimentos devem ser repetidos. Para realizar o experimento sobre a acessibilização de materiais didáticos, foi escolhido um contexto que envolve uma universidade. Assim, este estudo envolveu dez professores e alunos do curso superior de Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Uma amostra não-probabilística para a seleção dos indivíduos foi utilizada, em que as pessoas mais convenientes (*convenience sampling*) e também indivíduos de populações diferentes foram escolhidos para o experimento, nesse caso, professores e alunos universitários (*quote sampling*).

Este experimento consiste em uma abordagem "*in-vitro*" e "*off-line*" em que os participantes realizaram o experimento em um ambiente controlado. Esta abordagem

pode reduzir os riscos e os custos não abrangidos no âmbito desta pesquisa neste momento. A realização do experimento ocorreu em junho de 2012. O problema estudado corresponde a oito cenários que simulam situações ocorridas durante o desenvolvimento de materiais didáticos (*toy example*). O primeiro cenário envolve a utilização de imagens em documentos de texto. O segundo cenário envolve o uso de cabeçalho e rodapé. No terceiro, abordamos sobre o uso de gráficos nos documentos de texto. O quarto cenário contempla o uso de numeração automática das páginas. No quinto, abordamos sobre documentos formatados com múltiplas colunas. O sexto cenário envolve o uso de tabelas dentro do texto. O sétimo aborada sobre as notas de rodapé e o último cenário aborda sobre o uso de caixas de texto no documento.

Na fase de execução, todos os participantes receberam um breve treinamento sobre o modelo MADD e, posteriormente, tiveram a oportunidade de testar as principais características do módulo Word Validator em um documento de exemplo. Mais tarde, eles tiveram a oportunidade de fazer as primeiras perguntas sobre o trabalho proposto. O experimento começou somente depois que se confirmou que todos os participantes entenderam como executar o MADD. Em seguida, eles foram apresentados à mesma descrição de cada cenário e foram convidados a realizar o desenvolvimento de documentos digitais, conforme orientação de cada cenário, alguns usando a ferramenta VADD e outros não. A fim de evitar possíveis distorções nos resultados obtidos, tanto na avaliação do VADD quanto na fase de resolução do questionário, não ocorreu qualquer interação com o entrevistador.

Uma vez que os experimentos foram realizados, os dados coletados durante os experimentos devem ser analisados. Esta análise visa encontrar relações entre os resultados do estudo. Maiores detalhes são vistos na próxima subseção.

4.2 Análise dos Resultados

Uma análise superficial sobre o perfil dos participantes indica que a maioria dos participantes classificou o seu conhecimento sobre acessibilidade entre avançado e moderado. Além disso, a maioria dos participantes já havia realizado algum estudo sobre acessibilidade. Assim, um grupo de análise qualificado para o experimento.

Sobre os resultados dos testes com o protocolo de avaliação, os participantes que analisaram o documento com o auxílio do software VADD acertaram todas as questões relacionadas a parte de identificação das ferramentas utilizadas na construção do software e na explicação da solução alternativa para acessibilizar o material didático. Já os participantes que analisaram o documento sem o auxílio do software VADD souberam identificar parcialmente quais as ferramentas utilizadas para a construção do documento e também conseguiram explicar qual é o motivo e dando uma solução alternativa para acessibilidade. Fazendo uma análise mais detalhada, todos os participantes que não usaram o software erraram a questão três, uma vez que o documento continha uma imagem representando um gráfico e os participantes não perceberam isso. Ainda, nenhum participante apresentou alguma solução alternativa para este problema de acessibilidade.

Na questão 4, os participantes que não usaram o software souberam identificar que o documento continha número de página no canto inferior direito da página e que poderia ser um problema de acessibilidade. Entretanto, não conseguiram explicar o

motivo ou propor uma solução alternativa. A questão com o maior número de acertos dos participantes (usando ou não o software VADD) foi a primeira questão. Todos os participantes perceberam que o documento continha uma imagem e identificaram um problema de acessibilidade, pois esta imagem estava sem texto alternativo para que os leitores de tela pudessem identificar e transmitir o que a imagem estava representando. Ainda, cerca de 50% dos participantes que não usaram o software acertaram as questões dois (identificando o cabeçalho e/ou rodapé no documento) e oito (identificando caixas de texto no documento). Entretanto, nenhum deles conseguiu explicar o motivo nem dar uma alternativa para o problema de acessibilidade.

Os erros dos participantes que não usaram o software podem ser justificados por causa de seu baixo conhecimento com o uso do software editor de texto, uma vez que 33% consideraram-se com pouco conhecimento nesta ferramenta. Entretanto, destes participantes, 75% classificou seu conhecimento como moderado ou avançado em acessibilidade (estes participam de grupos de pesquisa em acessibilidade virtual). Desta forma, os participantes que usaram o software obtiveram 90% de acerto nos cenários desenvolvidos. Já os participantes que não usaram o software acertaram 58% das questões de acessibilidade. Consequentemente, observamos que o uso do software contribuiu na identificação e solução de problemas de acessibilidade no desenvolvimento de materiais didáticos digitais.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este documento apresentou um modelo computacional de acessibilização online materiais didáticos para pessoas com deficiência visual. Inicialmente, realizou-se uma análise do estado da arte das soluções que atacam os problemas relacionados a falta de acessibilidade dos materiais digitais e se propôs, uma vez identificadas as atuais lacunas, um modelo (MADD) capaz de validar um conjunto de regras de acessibilidade sobre documentos desenvolvidos no editor de textos Microsoft Word. Ainda, foi desenvolvido um software capaz de implementar as restrições propostas por este modelo.

Qualquer preparação de um ambiente que tenha acessibilidade digital necessita de algumas adaptações. Para os deficientes visuais, a uma adequação é a instalação de programas específicos em computadores com placas de som e com fones de ouvido ou caixinhas de som. Como exemplo de interfaces para usuários deficientes visuais existem os leitores de tela (responsáveis pela captura das informações apresentadas na tela e por transmiti-las ao sintetizador de voz) e os sintetizadores de voz (convertem o texto em voz).

As características do ambiente desenvolvido para a validação de acessibilidade, chamado VADD, também foram descritas neste documento. Após, foi apresentado o planejamento e a execução de um experimento, realizado com professores e estudantes universitários. Oito cenários foram elaborados com o objetivo de coletar informações para comparar a precisão utilizando o software VADD. Este experimento revelou que o uso do software VADD ajudou os participantes na criação de um material didático mais acessível.A continuidade dessa pesquisa, desta forma, sugere novas contribuições para esta área de pesquisa, melhorando a compreensão sobre as relações entre as atividades referentes ao desenvolvimento de materiais didáticos acessíveis.

Referências

Abreu, P., Prates, R. and Bernardino, E (2010) "Recomendações de acessibilidade para projetos de TICs para alfabetização de crianças surdas", In: XXX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, Belo Horizonte, Minas Gerais.

Brasil (1996) "Lei n° 9.394, de 20 de dezembro de 1996: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional". Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: março de 2012.

Bruckschen, M., Rigo, S., Fagundes, E. (2007) " Desenvolvimento de software educacional livre e inclusão de alunos com deficiência visual". Novas tecnologias na educação, v.5, n.2, 9p. Rio Grande do Sul: CINTED-UFRGS.

Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) (2007) "Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República. Ata da Reunião VII". Disponível em: http://www.mj.gov.br/corde/arquivos/doc/Ata_VII_Reunião_do_Comite_de_Ajudas_Técnicas.doc. Acesso em: março de 2012.

Filho, S. and Bica, F. (2008) "Acessibilidade digital para cegos: Um modelo de interface para utilização do mouse", In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Fortaleza, Ceará.

França, C., Borges, J. and Sampaio, F. (2005) "TUPI – Recursos de Acessibilidade para Educação Especial e Inclusiva dos Deficientes Motores", In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Juiz de Fora, Minas Gerais.

Juristo, N., Moreno, A. (2003) "Basics of Software Engineering Experimentation". Kluwer academic Publishers. 2nd edition.

Marques, P. C. and Costa, N. (2011)" Fundamental do Word 2010", Ed. FCA.

MEC (2009) "Secretaria de Educação Especial". Disponível em: http://portal.mec.gov.br. Acesso em: março de 2012.

Pfleeger, S. L. and Atlee, J (2009) "Software Engineering: Theory and Practice". Prentice Hall.

Silveira, C., Heidrich, R. and Bassani, P. (2007) "Avaliação das tecnologias de softwares existentes para a Inclusão Digital de dEficientes visuais através da utilização de Requisitos de qualidade", In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, São Paulo.

Solingen, R. and Berghout, E. (1999) "The Goal/Question/Metric Method". McGraw-Hill.

Sonza, A., Santarosa, L. and Conforto, D. (2008) "Ambientes Virtuais Acessíveis sob a perspectiva de usuários deficientes visuais", Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Fortaleza, Ceará.

UNESCO (1994) "Declaração de Salamanca: Sobre Princípios, Políticas e Práticas na Área das Necessidades Educativas Especiais". ONU.

Warmer, J. and Kleppe, A. (1999) "The Object Constraint Language - Precise Modeling with UML", Addison Wesley.

Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M., Regnell, B. and Wesslén, A. (2000) "Experimentation in software engineering: an introduction". Boston: Kluwer Academic Publishers, 204 p.