

Utilização de Interfaces *Multi-Touch* em Ambientes Virtuais de Aprendizagem para Ampliação da Acessibilidade de Deficientes Visuais

Antônio Gerard T.S. Filho, Antúlio de Oliveira, Fernando da Fonseca de Souza

Centro de Informática (Cin) – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

50.740-540 – Recife – PE

antonioogtsf@gmail.com, ao@cin.ufpe.br, fdfd@cin.ufpe.br

Abstract. *This work suggests regular use of multi-touch features for distance learning environments, proposing a reference architecture achieved through a set of guidelines called the Design Guidance. These guidelines promote the adequacy of resources of the touch screens to universal standards of accessibility and are applied in the development of virtual learning environments - VLE. The practical use of the Design Guidance was applied in developing a solution in the presentation layer of the Amadeus virtual learning system which belong to the Brazilian Public Software Portal. The interface was developed in HTML5 and it was to a quantitative and qualitative evaluation lay visually impaired users. An analysis and interpretation of results was produced and confirmed the perception of improvements and acceptance of the new model of interaction by such users.*

Resumo. *Este trabalho sugere o uso regular dos recursos multi-touch para ambientes de ensino a distância, propondo uma arquitetura de referência alcançada através de um conjunto de diretrizes denominado de Design Guidance. Essas diretrizes favorecem à adequação dos recursos das telas sensíveis ao toque aos requisitos universais de acessibilidade e são aplicadas no desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem - AVA. O uso prático do Design Guidance foi aplicado no desenvolvimento de uma solução na camada de apresentação do sistema virtual de aprendizagem Amadeus, pertencente ao Portal de Software Público Brasileiro. A interface foi desenvolvida em HTML5 e submetida a uma avaliação quantitativa e qualitativa por usuários deficientes visuais. Uma análise e interpretação dos resultados foi realizada com a confirmação da percepção das melhorias e a aceitação do novo modelo de interação por parte desses usuários.*

1. Introdução

A rede mundial de computadores, pela sua natureza democrática, traz para as pessoas com necessidades especiais, a oportunidade de acesso à informação aliada à possibilidade do exercício de sua cidadania plena, como ocorre para os demais indivíduos da população. Deste modo, considerando os aspectos educacionais, uma solução que se mostra com mais propriedade para uso por essas pessoas portadoras de necessidades especiais é o modelo educacional de EAD (Ensino a Distância), viabilizado pelos sistemas LMS (Learning Management System) no ambiente web, tem-

se uma alternativa potencial para atender as suas necessidades de construção de aprendizagem e de formação de conhecimento.

Dentre as necessidades especiais existentes que exigem uma atenção mais especializada no contexto educacional, encontram-se as pessoas com deficiência visual, com um universo estimado no Brasil de 570.000 e 1.200.000 de pessoas cegas (ACESSOBRASIL, 2012).

A literatura dispõe de trabalhos como os de Buxton et al.(1985), Vanderheiden(1996) e Law et al.(2000) que correlacionam a viabilidade do uso de superfícies sensíveis ao toque e as pessoas com deficiência visual, porém seus relatos propõem a utilização de soluções específicas com o auxílio de hardware e software próprios.

Estudos recentes realizados por Birgham et al (2008) e por Kane et al(2011) propuseram respostas adequadas a essa necessidade de se retirar um melhor proveito da interação entre pessoa com deficiência visual e as superfícies sensíveis ao toque. Estes estudos apresentaram soluções simples e de uso geral que possibilitam a utilização por parte da pessoa cega de qualquer tipo de equipamento ou ambiente que disponha da tecnologia *multi-touch*, sem que haja a necessidade de uso de recursos adicionais ou mesmo da necessidade de qualquer tipo específico de adaptação para estes equipamentos.

A motivação para realização deste trabalho é a necessidade de se estabelecer um elo permanente entre os recursos sensoriais proporcionados pelo uso do *multi-touch* e as plataformas de ensino a distância baseadas em LMS, como um recurso interativo e usual a ser explorado, para que as pessoas com deficiência visual possam ampliar suas possibilidades de acesso aos conteúdos de aprendizagem, imprimindo uma maior rapidez na construção de seu conhecimento e formação.

Este trabalho tem como referencial a aplicação dos resultados dos estudos recentes nesta área de interação humano-computador e que em combinação com outros conhecimentos da área de *design* de sistemas de informação promove uma solução que favorece o uso natural e frequente de superfícies sensíveis ao toque pelas pessoas deficientes visuais dentro de ambientes de EAD.

O trabalho propõe o uso regular dos recursos *multi-touch* nas interfaces humano-computador (IHC) dos ambientes de ensino a distância, através da apresentação de um modelo de desenvolvimento (arquitetura de referência) para a camada de apresentação de sistemas voltados a Ambientes Virtuais de Aprendizagem que favoreça o uso regular da pessoa deficiente visual deste ambiente de ensino. Tal modelo, denominado de *Design GUIDANCE* é um recurso para a melhoria do desempenho da acessibilidade e da usabilidade para as pessoas com deficiência visual para este recurso educacional. Como resultado específico deste trabalho, um protótipo para a interface IHC foi desenvolvido em ambiente HTML5(HTML5,2012) aplicado ao AVA Amadeus (AMADEUS, 2012) e submetido a uma avaliação quantitativa e qualitativa para usuários deficientes visuais cegos através de uma pesquisa em campo, seguido de uma análise e interpretação dos resultados com a confirmação da percepção das melhorias e da aceitação do novo modelo de interação por parte desses usuários.

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada que tem o propósito de gerar conhecimentos para aplicação prática em problemas de interesse específico. Quanto à abordagem do problema, ela se caracteriza como uma pesquisa quantitativa e qualitativa, com objetivos de caráter descritivos, utilizando procedimentos de levantamento bibliográficos e a validação de método proposto através de protótipo (FLICK, 2007).

2. Fundamentação Conceitual

O presente trabalho é fundamentado nos conhecimentos sobre ambientes virtuais de aprendizagem(AVA), sistema interativo centrado na pessoa, nos requisitos não funcionais de um AVA, nos princípios das interfaces *multi-touch* e nos aspectos da navegação virtual demandados por pessoas deficientes visuais.

2.1. Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) – Arquitetura, Usabilidade e Acessibilidade

Uma educação integral é síncrona e possibilita a eliminação das desigualdades, promovendo a inclusão e a

libertação das pessoas. Em todo o mundo, os processos educacionais que buscam a aprendizagem se valem de vários recursos mediáticos, entre eles a Internet, com suas plataformas e tecnologias, que se constitui em um verdadeiro pilar para formação da inteligência coletiva e favorece a autoaprendizagem (CASTILHO, 2011).

Nesse ambiente virtual de aprendizagem, destaca-se o recurso interativo do aprendizado a distância(EAD), viabilizado pelo uso de Sistemas de Informação Web concebidos para este fim.

A modalidade de ensino-aprendizagem EAD derruba as fronteiras de tempo e de espaço, porque é uma tecnologia social que pode ser utilizada em favor dos portadores de necessidades especiais oferecendo o devido apoio para favorecer a igualdade de oportunidades, pois viabiliza a sua inclusão digital neste espaço educacional, desde que construídos com os princípios de acessibilidade.

Morville et al (2006) consideram a arquitetura da informação como responsável pelo *design* dos ambientes informacionais compartilhados através de sua organização, rotulagem, busca e navegação. Esta arquitetura se preocupa com o planejamento das interfaces digitais, constituindo-se no *design* do site, *design* do conteúdo e com a estruturação da acessibilidade e usabilidade destes espaços.

Com relação ao *design* de ambientes informacionais, conforme cita Levialdi et al. (2004), um projeto de *website* deve conter informações com alto grau de coesão, possibilitando ao usuário encontrar o que deseja de forma rápida e precisa. Por sua vez, a utilidade destas informações será tanto mais consistente quanto elas atenderem aos objetivos e expectativas destes usuários, de maneira completa e atualizada, utilizando uma linguagem próxima da cultura e da experiência deles. Em outras palavras, as informações devem ser encontradas dentro de um padrão de qualidade requerido por estes usuários. Além da arquitetura informacional, outro recurso preponderante para o sucesso de um espaço virtual é a sua usabilidade.

Cusin et al.(2009) citam que a norma International Organization for Standardization (ISO) 9241-11 (NBR ISO/IEC 9241-11, 2002), conceitua que usabilidade é a “medida na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um contexto específico de uso”. Esta norma esclarece os benefícios de medir a usabilidade em termos de desempenho e satisfação do usuário, conforme os objetivos de uso do produto sejam alcançados (eficácia), pelos recursos gastos para alcançá-los (eficiência) e pela extensão na qual o usuário considera aceitável o seu uso (satisfação).

Conforme é citado em Almeida et al.(2008), a combinação dos conceitos de Acessibilidade e Usabilidade(A&U) explica que questões relacionadas a uma das disciplinas também contribuem para o resultado da outra, o que significa por exemplo que a busca pela acessibilidade na web não exclui nenhum dos usuários e estende o conceito de usabilidade como um todo.

2.2. Especificação de um AVA como um Sistema Interativo Centrado na Pessoa

Um ambiente virtual de aprendizagem pertence à categoria dos Sistemas Interativos. Estes sistemas são baseados em aplicações que lidam com a transmissão, exibição, armazenamento ou transformação da informação em conhecimento, nos quais as pessoas podem perceber o que ocorre durante seu uso.

Ser centrado no humano, em termos de *design* é um processo caro, por isso, muitos *designers* optam pela visão centrada na máquina, porque é um processo mais rápido e fácil de desenvolver, embora não seja projetada para a pessoa que usará o produto. Existem vantagens evidentes ao se adotar uma abordagem centrada no humano no *design* de sistemas interativos. Quando ocorre o envolvimento direto das pessoas no processo de *design*, os sistemas se tornam mais eficazes e as pessoas se tornam mais produtivas (BENYON, 2011).

2.3. Requisitos Não-Funcionais de Um Sistema Interativo AVA

Muitos requisitos não funcionais dizem respeito ao sistema como um todo, e não a características individuais do sistema. Isso significa que eles são, frequentemente, mais importantes do que os requisitos funcionais individuais. Enquanto uma falha em cumprir com um requisito funcional pode degradar o sistema, uma falha em cumprir um requisito não funcional de sistema pode tornar todo o sistema inútil (SOMMERVILLE, 2004).

Dentre os requisitos de maior importância para o sucesso de um sistema junto aos seus usuários está aquele relacionado à facilidade de uso – usabilidade, em particular nos sistemas para soluções AVA,

fortemente influenciados pelo requisito de acessibilidade e por consequência com influência direta na aceitabilidade do sistema pelos usuários. A aceitabilidade procura encaixar as tecnologias na vida das pessoas e se diferencia da usabilidade do ponto de vista de só poder ser entendida dentro de um contexto. Enquanto a usabilidade pode ser avaliada dentro de um laboratório, a aceitabilidade não.

2.4. As Interfaces *Multi-touch* e Suas Tecnologias

De acordo com Han (2005), *multi-touch* é uma tecnologia de interação humano-computador que consiste da existência de superfície tátil (sensível ao toque) em mesas, superfícies ou paredes interativas que reconhecem os múltiplos contatos de um mesmo usuário ou até mesmo de vários usuários interagindo com o mesmo computador.

Existem diversas tecnologias construtivas que se valem de princípios físicos (elétricos, acústicos, óticos, térmicos) para captação de gestos em superfícies (SCIENTIFIC AMERICA, 2008). Atualmente o princípio que é o mais utilizado pela indústria na produção deste tipo de interface é o princípio elétrico, onde a tela sensível ao toque nesse dispositivo é feita por um material especial, geralmente óxido de *tinidium* que conduz a corrente contínua até o sensor. Deste modo o sensor exhibe um campo de elétrons precisamente controlados tanto na horizontal quanto na vertical atingindo uma determinada capacitância (APPLE, 2012).

2.5. Navegação, Percepções e Preferências de Gestos por Deficientes Visuais

A Percepção e a navegação são duas habilidades importantes e necessárias para as pessoas interagirem com o mundo externo. A percepção, seja ela visual ou não, refere-se a como se pode conhecer um ambiente por meio dos sentidos. O ponto essencial do *design* para navegação é manter em mente as diferentes atividades que as pessoas realizam em um espaço: identificar objetos, encontrar caminhos e explorar estes espaços sejam físicos ou informacionais (BENYON, 2011). No caso da pessoa deficiente visual, a navegação é influenciada pela acessibilidade e a usabilidade dentro deste espaço informacional.

Assim como o sistema visual, o sistema auditivo humano inicia seu processo pela organização do campo perceptivo. Neste caso ele procura agrupar os objetos sonoros segundo uma localização no espaço e no tempo, de modo que os elementos sonoros sucessivos são organizados em fluxos sonoros e analisados comparativamente com sons e ruídos em que as pessoas já possuem na sua memória auditiva. Para o deficiente visual, a percepção auditiva passa a ser seu principal sentido (BETIOL et al., 2007).

Em IHC, o termo háptico refere-se tanto à sensação quanto à manipulação através do sentido do tato. O teclado, o mouse e recentemente as superfícies *multi-touch* são dispositivos de entradas hápticos. Ao contrário das percepções visuais e auditivas que podem ser pensadas como sistemas de entrada, o sistema de percepção háptico é bidirecional (entrada/saída). Assim, atividades como ler em Braille (BRAILLE, 2012) pelos cegos requerem o uso tanto dos aspectos de percepção quanto de manipulação dos sistemas hápticos.

Estudos confirmam que as pessoas cegas usam as regiões do cérebro destinadas para o processamento visual durante a leitura Braille e também para executar outras tarefas espaciais (DEIBER et al., 1996). Outros estudos têm mostrado que tanto o cego precoce (os cegos que já nasceram ou se tornaram em idade precoce) e os cegos tardios (aqueles que se tornaram cegos mais recentemente) têm maior sensibilidade tátil em seus dedos do que as pessoas com visão normal (GOLDREICH et al., 2003); (HAMILTON et al., 2000), e que os cegos-tardios adultos podem traçar formas táteis de maneira mais rápida e precisa do que os adultos videntes (BRACKETT et al., 2003).

Conforme Birgham et al. (2008), muitas aplicações que fazem uso de telas sensíveis ao toque podem apresentar barreiras significativas de uso pelo usuário cego devido à ausência de acessibilidade. Foi em resposta a essas limitações que Birgham et al. (2008) desenvolveram um estudo para a definição de uma “Regra de Deslizamento” (*Slide Ruler*) que possibilitasse a pessoa cega tirar um melhor proveito diante de superfícies *multi-touch* quando no uso de qualquer equipamento que utilizasse essa tecnologia. Essa regra nada mais é que o uso de um conjunto de quatro gestos básicos que podem ser utilizados por usuários cegos em qualquer superfície com esse tipo de interação. Tal regra requer apenas o uso de uma tela *multi-touch* padrão e a existência de uma saída de áudio, não sendo necessário mais nenhum hardware adicional.

No estudo de Kane et al. (2011), os participantes cegos durante a pesquisa em tablets e em smartphones com telas sensíveis ao toque mostraram fortes preferências por gestos que usam os cantos da

tela e/ou uso de suas bordas (as laterais da tela), como também tendem a usar simultaneamente mais de um dedo durante a interação. Uma segunda prática realizada por eles é a de tocar em áreas da tela que correspondem às regiões de um teclado *QWERTY*. Como as telas sensíveis ao toque, atualmente, são uma das formas muito comuns de interação humana com computadores, não é apenas importante o fato das pessoas cegas terem o acesso a elas, mas também que elas possam fazer uso destas telas de forma eficiente e eficaz.

3. Um AVA Acessível e Tocável com o *Design Guidance*

Conforme descrito em Hix et. al (1993), no estudo do campo interdisciplinar do *Design* da Interação, a disciplina Fatores Humanos é considerada como uma ciência e o seu objetivo fundamental é trabalhar para otimizar o desempenho humano, incluindo a busca pela redução de erros, melhoria do rendimento, satisfação e conforto do usuário.

De acordo com Hix et al.(1993), existe pelo menos quatro (4) tipos de informações da disciplina Fatores Humanos que influenciam fortemente o desenvolvimento de um produto de software são elas : Padrões para Interação com o usuário (*User interaction standards*); Regras para o Design da Interação com o usuário (*User interaction design guidelines*); Guias de Estilo (*Style guides*); e Guias de Estilo Personalizada (*Customized style guides*).

Um outro tipo de informação em fator humano é proposta pelos autores Torres (2001) e Preece, et al.(2005), que além de considerarem em seus estudos os quatro tipos de informação descritas por Hix et al.(1993), utilizam um quinto tipo de informação, que são os Princípios de Design (*Principles Design*), que incorporam informações derivadas das teorias, ou seja, são informações com orientações mais genéricas, e que exigem uma interpretação mais aguçada por parte dos *designers* antes de serem aplicadas às interfaces.

O *Design Guidance* proposto neste trabalho apresenta como arquitetura de referência as informações básica necessárias para a orientação dos *designers*, que necessitem desenvolver aplicações destinadas a serem usadas na web, voltadas para o ensino a distância e que tenham como o meio de interação as superfícies sensíveis ao toque e que ainda que atendam as necessidades de acessibilidade. O *Design Guidance* foi então montado utilizando todos estes cinco tipos de informação de modo hierárquico *top-down*.

O critério de seleção das informações para construção do *Design Guidance*, em seus vários níveis hierárquicos, foi focado em disponibilizar as informações relevantes que atendam aos requisitos da construção de um Sistema de Ensino a Distância e que possam utilizar intensivamente a interface *multi-touch*, além das interfaces tradicionais de teclado e mouse, e que promova a acessibilidade, em destaque às pessoas deficientes visuais.

No caso específico para a solução proposta voltado a pessoa com deficiência visual, as naturezas da informação referente a Guia de Estilo e a Guia de Estilo Customizadas, promovem dentro deste contexto o principal referencial que orienta o *design* no desenvolvimento de uma solução aplicada a usabilidade do usuário cego, uma vez que apresentam as recomendações específicas que favorecem a sua navegação, sua percepção e a sua preferência de gestos.

No Quadro 1 apresenta-se a descrição das recomendações(diretivas) para o uso dos *designers* agrupadas pela hierarquia da natureza das informações dos fatores humanos.

Quadro 1 – *Design Guidance* – Diretivas para o Desenvolvimento de Interfaces *Multi-Touch* em Ambientes Virtuais de Aprendizagem para Pessoas Deficientes Visuais.

Fator Humano (Natureza da Informação)	ID	Design Guidance (Diretiva)	Referencial Técnico	UNIVERSAL	ACESSIBILIDADE	USABILIDADE	NAVEGAÇÃO/PERCEPÇÃO	PREFERÊNCIA
PRINCÍPIO	G01	Possibilite o uso de atalhos	Shneiderman (2005)	X	X			
	G02	Ofereça feedback informativo		X	X			
	G03	Previna o erro e facilite a sua correção		X		X		
	G04	Reduza a Carga de Memória		X	X	X	X	
	G05	Compatibilidade com o mundo real	Nielsen (2001)	X		X		
	G06	Consistência e Padrões		X	X		X	
	G07	Estética e design minimalista		X	X	X	X	
	G08	Objetos em Telas Sensíveis ao Toque Devem Ser Naturais e Intuitivos	Microsoft (2012)	X		X		X
	G09	Uso Atraativo e Direto		X				X
PADRÃO	G10	Princípio 01 – Perceptível - Diretriz 01 – Alternativas em textos para conteúdo não textual	WCAG 2.0 (2008)		X			
	G11	Princípio 01 – Perceptível - Diretriz 04 – Discernível (Pela Audição / Visão)			X			
	G12	Princípio 02 – Operável - Diretriz 04 – Favorecer a Navegabilidade				X		
	G13	Princípio 03 – Compreensível - Diretriz 02 – Páginas Previsíveis				X		
	G14	Princípio 04 – Robusto Diretriz 01. Compatível com várias tecnologias inclusive as assistivas	e-WAG 3.0 (2011)		X			
	G15	Seção 01 – Marcação – Recomendação - 04 Ordenar Leitura e Tabulação			X			
	G16	Seção 01 – Marcação - Recomendação 05 – Disponibilizar Todas as Funções pelo Teclado				X		
	G17	Seção 02 - Comportamento (DOM) - Recomendação 10 – Garantir Objetos Programáveis Acessíveis				X		
	G18	Seção 02 - Comportamento (DOM) - Recomendação 15. Assegurar o Controle do Usuário sobre Alterações				X		
	G19	Seção 03 - Conteúdo / Informação - Recomendação 17 - Título Descritivo e Informativo sobre a Página				X		
	G20	Seção 03 - Conteúdo / Informação – Recomendação 18 - Localizar o Usuário na Página				X		
	G21	Seção 03 - Conteúdo / Informação – Recomendação 19 –Descrever os Links				X		
	G22	Seção 05 – Multimídia - Recomendação 35 – Áudio-descrição para Vídeo Pré-gravado				X		
	G23	Seção 05 – Multimídia - Recomendação 36 – Fornecer Controle de Áudio				X		
	G24	Seção 06 – Formulários - Recomendação 39 – Alternativo de Texto para Botões				X		
	G25	Seção 06 – Formulários - Recomendação 40 Estabelecer Ordem Lógica de Navegação no Formulário				X		
GUIDELINE	G26	Utilize o UCD – User-centred design	Hix et al. (2003)	X	X	X	X	
	G27	Modele o Sistema conforme as Tarefas		X				X
	G28	Observe os aspectos cognitivos		X	X	X	X	
	G29	Apresente os temas de maneira padronizada e organizada			X	X	X	
	G30	Dimensione Corretamente o Tamanho dos Objetos na Tela Sensível ao Toque	Microsoft (2012)		X	X	X	
	G31	Observe o Layout e o Espaço entre os Objetos na Tela		X	X	X	X	
GUIA DE ESTILO	G32	Controle a Interação Entre o Usuário e o Objeto na Tela	Microsoft (2012)	X		X		
	G33	Utilize princípios básicos do design de toque		X		X		
GUIA DE ESTILO CUSTOMIZADA	G34	Modele a Interface para Interação por toques	Microsoft (2012)	X		X		
	G35	Evite utilizar gestos que sejam semelhantes aos símbolos da linguagem escrita para interação do usuário com a aplicação	Kane et al. (2011)		X	X	X	
	G36	Prefira fazer uso do espaço das bordas e cantos da superfície sensível ao toque para colocar os objetos necessários a interação com a aplicação			X	X	X	
	G37	Reduza a necessidade de uma maior precisão para localização de objetos na tela sensível ao toque				X	X	X
	G38	Evite o uso de gestos que necessite da base de tempo para ser interpretado pelo sistema				X	X	X
	G39	Sem pre quando possível Reproduza os layouts espaciais tradicionais.	Brigham et al.		X	X	X	
	G40	Utilize os gestos das regras de deslizamento o Design de Interação da aplicação			X	X	X	

4. Aplicação Experimental no AVA – Amadeus LMS

O objeto de estudo deste trabalho foi o Sistema Amadeus LMS, um bem público distribuído pelo Ministério do Planejamento do Brasil sob a licença Software Público, disponível para download no portal de software público brasileiro (PORTAL, 2012). O Amadeus é classificado como um sistema de gestão da aprendizagem de segunda geração, baseado no conceito de *Blended Learning* (GRAHAN, 2005), que é a combinação da aprendizagem presencial com a aprendizagem virtual interativa. O objetivo principal do Sistema AVA Amadeus em sua essência é estender ao máximo os estilos de interação entre todos os seus usuários, sejam eles alunos, professores, monitores, administradores, criadores de cursos entre outros, sejam eles portadores de necessidades especiais ou não.

Como referencial para a definição do novo *design* de telas com acessibilidade e tocáveis para o Amadeus, uma avaliação comparativa da aderência em relação as recomendações apresentadas no *Design Guidance* foi realizada para as telas HTML anteriores e o *layout* dessas telas foi confrontado com os princípios, padrões, guidelines, guias de estilo e estilos customizados do *Design Guidance*. Em seguida foi realizada uma análise das não conformidades, enfatizando-se aquelas mais significativas e impactantes em relação a sua usabilidade e acessibilidade. Esta comparação favoreceu a orientação do desenvolvimento do novo *layout* para as novas telas do Amadeus.

O *layout* do novo protótipo de telas com acessibilidade e para interface sensível ao toque seguiu o princípio de Jeffrey Veen (Veen, 2000) que propõe uma maneira simples de apresentar uma página de

um *site* na web, dividindo-a em (três) 3 áreas ,da seguinte maneira : (1) área de localização; (2) área de encaminhamento, e (3) área de conteúdo.

O *Design Guidance* foi o guia principal para o desenvolvimento das novas telas para uso em interface sensível ao toque destinado à ambientes virtuais de aprendizagem. Além disso, foram também observadas as recomendações encontradas na literatura referente ao uso de *design* minimalista durante a criação de sites para web, cujos princípios seguem o caminho oposto do design de *layouts* atualmente produzidos para os ambientes comerciais da web.

Além destas questões arquiteturais referentes à estrutura física das telas, foram também realizados estudos e observações mais detalhadas sobre as questões lógicas da interface, ou seja, foram trabalhados os novos recursos da linguagem de marcação de hipertextos da sua versão 5 (HTML5, 2012) e para o tratamento de eventos (TOUCHEVENT, 2011) em superfícies *multi-touch*.

5. Avaliação Quantitativa e Qualitativa da Aplicação do Design Guidance no Sistema AVA Amadeus

Para realização da avaliação, foram escolhidos dois modelos referenciais para levantamento de informações junto a usuários cegos. Para os aspectos quantitativos, foi escolhido o modelo GOMS (Goals, Operators, Methods, and Selections Rules) (CARD et al., 1983) em sua versão simplificada – KLMGOMS (KIERAS, 2001) e para obtenção dos aspectos qualitativos foi escolhido o modelo TAM (Technology Acceptance Model) (DAVIS, 1989) com adaptações realizadas por Dias et al (2009) para pessoas com deficiência.

5.1. Metodologia para Aplicação da Avaliação

Como processo metodológico para realização das avaliações foi utilizado o levantamento de dados através de uma pesquisa semi-estruturada , registrados em formulários projetados com esse fim. Para cada protótipo, denominado de etapa, foram definidas metas padrão a serem alcançadas por cada um dos avaliadores, onde a sequência de operações físicas e lógicas utilizadas por cada um deles e o respectivo tempo de realização foram devidamente registrados em formulários próprios. Os avaliadores ao alcançarem a meta final em cada um dos protótipos, responderam a uma avaliação qualitativa sobre a etapa realizada.

5.2. Recursos Tecnológicos para Realizar a Avaliação & o Perfil dos Avaliadores

Os protótipos foram disponibilizados em um endereço central, com acesso pelo site: <http://www.educacaoacessivel.com/> ,respectivamente página “home”, página “Amadeus para *Desktop*”, página “Amadeus para *Tablet I*” e página “Amadeus para *Tablet II*” (Uso do *Design GUIDANCE*), e foram utilizados equipamentos *desktop* e *tablet* (Ipad2) com uso de leitores de telas.

Os avaliadores que participaram da pesquisa fizeram sua participação de modo espontâneo e foram pessoas com deficiência visual, com a característica de ausência total de visão. A Idade média dos avaliadores é de 38 anos, com a média de 33 anos de convivência com a deficiência visual. Todos eles têm formação superior e apresentam uma média de 15 anos de uso de computadores e somente 33% deles já tinham feito uso de superfícies sensíveis ao toque através do uso de *smartphones*.

5.3. Resultados da Avaliação Quantitativa

Conforme o modelo de avaliação quantitativa KLMGOMS, com adaptações para uso em superfícies *multi-touch*, as operações realizadas para navegação nas telas dos protótipos foram registradas conforme os Quadros de 2 a 5, respectivamente, Quadro de navegação por teclado, Quadro de navegação *multi-touch* em protótipo com adaptações e Quadro de navegação com protótipo *multi-touch* desenhado com o *Design GUIDANCE*, finalizado pelo Quadro Comparativo entre as (três) 3 Soluções.

Quadro 2 – Operações Físicas / Lógicas com Solução para Teclado.

Solução para Tablet com adaptações sem uso do GUIDANCE (TABLET I)					
AVALIADOR	Operações Físicas / Lógicas (unidades)	Tempo Médio (s)	Velocidade (operações/s)	Fêz uso de Multi-Touch antes ?	Onde
[A1]	81	101	0,80	S	Iphone
[A2]	125	158	0,79	S	Iphone
[A3]	61	92	0,66	N	-
[A4]	91	169	0,54	N	-
[A5]	74	109	0,68	N	-
[A6]	92	167	0,55	N	-
Média Geral	87	133	0,66	33%	Iphone

Quadro 3 – Operações Físicas/Lógicas com Solução para Tablet I.

Solução desenhada para TECLADO					
AVALIADOR	Operações Físicas / Lógicas (unidades)	Tempo Médio (s)	Velocidade (operações/s)	Fêz uso de Multi-Touch antes ?	Onde
[A1]	294	334	0,88	S	Iphone
[A2]	183	169	1,08	S	Iphone
[A3]	301	315	0,96	N	-
[A4]	232	261	0,89	N	-
[A5]	111	205	0,54	N	-
[A6]	327	338	0,97	N	-
Média Geral	241	270	0,89	33%	Iphone

Quadro 4 – Operações Físicas / Lógicas com Solução para Tablet II.

Solução para Tablet com uso do GUIDANCE (TABLET II)					
AVALIADOR	Operações Físicas / Lógicas (unidades)	Tempo Médio (s)	Velocidade (operações/s)	Fêz uso de Multi-Touch antes ?	Onde
[A1]	56	75	0,75	S	Iphone
[A2]	88	115	0,77	S	Iphone
[A3]	50	67	0,75	N	-
[A4]	80	117	0,68	N	-
[A5]	51	68	0,75	N	-
[A6]	54	99	0,55	N	-
Média Geral	63	90	0,70	33%	Iphone

Quadro 5 – Comparação de Indicadores no Uso das Soluções.

COMPARAÇÃO DE SOLUÇÃO	Operações Físicas / Lógicas (unidades)	Tempo Médio (s)	VARIACÃO PERCENTUAL OPERAÇÕES	VARIACÃO PERCENTUAL TEMPO MÉDIO
Solução desenhada para TECLADO	241	270	-	-
Solução para Tablet com adaptações sem uso do GUIDANCE (TABLET I) em relação ao TECLADO	87	133	64%	51%
Solução para Tablet com uso do GUIDANCE (TABLET II) em relação ao TABLET I	63	90	28%	32%
Solução para Tablet com uso do GUIDANCE (TABLET II) em relação ao TECLADO	63	90	74%	67%

Conforme os resultados obtidos com as avaliações quantitativas, observa-se que o esforço físico/lógico despendido para alcançar a meta final utilizando-se a interface por teclado foi visivelmente superior ao esforço utilizado pelos participantes quando do uso da interface *multi-touch*. Ao fazerem uso de superfície sensível ao toque, os avaliadores reduziram em (sessenta e quatro por cento) 64% e em (setenta e quatro por cento) 74% suas operações, durante a realização da solução sem uso do *Design GUIDANCE* e da realização com uso da solução com o *Design GUIDANCE*, respectivamente. O tempo médio para a execução do alcance das metas também ficou reduzido em (cincoenta e um por cento) 51% e (sessenta e sete por cento) 67% respectivamente, ao ser usado o *Tablet* como meio de interação.

Comparando-se os resultados obtidos entre as soluções *multi-touch*, o resultado da solução que utilizou o *Design GUIDANCE*, reduziu em (vinte e oito por cento) 28% o esforço em relação a solução desenvolvida somente com adaptações. O tempo foi também reduzido em (trinta e dois por cento) 32%, indicando uma melhoria significativa da usabilidade deste meio.

Por outro lado, comparando-se a velocidade de uso das interfaces, o desempenho com teclado se mostra superior, o que é considerado aceitável devido à familiaridade dos avaliadores com este tipo de interface. A maioria dos avaliadores (sessenta e sete por cento) 67%, teve contato com superfícies sensíveis ao toque pela primeira vez durante este experimento. Apesar disso, a velocidade no uso por parte daqueles que já tiveram contato com *multi-touch* através do Iphone (IPHONE,2012), não foi consideravelmente superior em relação àqueles que não utilizam com frequência este meio de interação.

5.4. Resultados da Avaliação Qualitativa

A avaliação qualitativa, como citado, fez uso dos recursos do modelo TAM (Technology Acceptance

Model) (DAVIS, 1989) com adaptações realizadas por Dias et al (2009), e conseguiu registrar a percepção dos avaliadores com relação as soluções apresentadas, conforme pode ser observado nos Quadros de 6 a 8.

Quadro 6 – Grau de Aceitabilidade.

AVALIADOR	TECLADO	TABLET I (Adaptação)	TABLET II (GUIDANCE)
[A1]	95,00%	90,00%	100,00%
[A2]	72,50%	75,00%	75,00%
[A3]	75,00%	80,00%	85,00%
[A4]	90,00%	95,00%	100,00%
[A5]	90,00%	85,00%	100,00%
[A6]	87,50%	80,00%	85,00%
Média Geral	85,00%	84,17%	90,83%

Quadro 7 – Preferência no Uso da Solução.

AVALIADOR	TECLADO	TABLET I (Adaptação)	TABLET II (GUIDANCE)
[A1]	-	X	X
[A2]	X	X	X
[A3]	-	-	X
[A4]	-	-	X
[A5]	-	-	X
[A6]	X	-	X
Média Geral	33,00%	33,00%	100,00%

Quadro 8 – Intenção de Uso do Tablet e por Cursos EAD.

AVALIADOR	Intenção de usar/ continuar fazendo uso de cursos EAD	Intenção de Uso de Tablet em Cursos EAD
[A1]	Sim.	70,00%
[A2]	Sim.	60,00%
[A3]	Sim.	80,00%
[A4]	Sim.	100,00%
[A5]	Sim.	100,00%
[A6]	Sim.	100,00%
Média Geral	100,00%	85,00%

Conforme as informações apresentadas nos quadros descritos, a solução que utilizou como meio de interação uma superfície *multi-touch* com telas desenvolvidas conforme as recomendações do Design GUIDANCE apresentou um grau de aceitabilidade (noventa virgula oitenta e três por cento) 90,83% (Quadro 6) mais significativo que as demais soluções, corroborada com o resultado do indicador de preferência no uso da solução (cem por cento) 100% (Quadro 7), representando a unanimidade. Todos os avaliadores (cem por cento) 100% reportaram que têm intenção em usar ou continuar a fazer uso de cursos em EAD pela web e (oitenta e cinco) 85% é a intenção do grupo em fazer uso do *Tablet* em cursos EAD na web (Quadro 8). A diferença na intenção do uso do *Tablet* e do uso de cursos EAD na web, se deve a não familiaridade inicial dos avaliadores para fazerem entrada de dados através do teclado virtual no *Tablet*.

6. Conclusão

De acordo com os resultados das avaliações quantitativas e qualitativas obtidas no presente estudo, existem evidências de que se um Sistema de Ensino a Distância para Web tiver sua interface humano-computador desenvolvida conforme os princípios gerais de acessibilidade e da interação sensível ao toque (*multi-touch*), descritos nas recomendações do *Design GUIDANCE*, os usuários com deficiência visual que venham a fazer uso desse sistema, obterão um importante ganho em sua acessibilidade aos conteúdos educacionais, minimizando as diferenças na obtenção dos saberes. O resultado final deste trabalho motiva a realização de novas investigações no uso do *multi-touch* por outras pessoas com necessidades especiais além de deficientes visuais. Também permite a investigação de outros tipos de interfaces interativas, visto que pode ser ajustado às necessidades de cada nova situação de desenvolvimento.

7. Referências

- ACESSOBRASIL (2011) **Dados censitários são uma das principais causas do fracasso das políticas públicas voltadas para as pessoas com deficiência.** Artigo. Disponível em <<http://www.acesso brasil.org.br/index.php?itemid=934>>. Acesso em 26.jul.2012.
- ALMEIDA et al.(2008) Santana,V.F.;Almeida,L.D.A.; Baranauskas,M.C.C. Aprendendo sobre Acessibilidade e Construção de Websites para Todos. Artigo.Revista Brasileira de Informática na Educação. Vol.16 – número 3 – set a dez de 2008.
- AMADEUS (2012) SISTEMA LMS AMADEUS. **Portal do Software Público Brasileiro.** Disponível em <<http://www.softwarepublico.gov.br/>>. Acessado em 26. Jul. 2012.
- APPLE (2012) APPLE INC. **Site Oficial da Apple.** Disponível em <<http://www.apple.com/>>. Acesso em 22.jul. 2012.

- BENYON, D. *Interação Humano-Computador*. Pearson Prentice Hall, 2011.
- BETIOL et al. (2007) Cybis, Walter; Betiol, Adriana Holtz; Faust, Richard. **Ergonomia e Usabilidade - Conhecimentos, Métodos e Aplicações**. São Paulo: Novatec, 2007
- BIRGHAM et al.(2008) Kane, Shaun K.; Birgham, Jeffrey P.; Wobbrock, Jacob O. **Slide Rule: Making Mobile Touch Screens Accessible to Blind People Using Multi-Touch Interaction Techniques**. ASSETS 2008, ACM (2008), 73-80.
- BRACKETT et al.(2003) Heller, M.A.; Wilson, K.; Steffen, H.; Yoneyama,K.; Brackett D.D. **Superior haptic perceptual selectivity in late-blind an very-low-vision subjects**. Perception 32.4 (2003), 499-511.
- BRILLE (2012) Instituto Bejamm Costant. O sistema Braille no Brasil. Disponível em< <http://www.ibr.gov.br/?itemid=10235>>. Acesso em 26.jul.2012.
- BUXTON et al. (1985) Buxton, W.; Hill, R.; Rowley,P. **Issues and Techniques in Touch-Sensitive Table Input**. SIGGRAPH 1985, ACM.
- CARD et al. (1983) Card, S.; Moran, T.; Newell, A. **The Psychology of Human-Computer Interaction**. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1983.
- CASTILHO, R. **Ensino a Distância: Interatividade e Método**. São Paulo, Atlas 2011.
- CUSIN et al. (2009) César Augusto Cusin; Silvana Aparecida Borsetti Gregório Vidotti. Inclusão Digital via Acessibilidade Web. Liinc em Revista, v.5, n.1, março 2009, Rio de Janeiro, p.45-65. Disponível em <<http://www.ibict.br/liinc>>. Acesso em 26.jul.2012.
- DAVIS, F. D. **Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptance of computer technology**. MIS Quarterly, vol. 13, n. 3, p. 319-340, 1989.
- DEIBER et al. (1996) Sadato, N.; Pascual-Leone, A.; Grafman,J.; Ibanez, V.; Deiber, M.P.; Dold,G.; Hallett, M. **Activation of the primary visual cortex by Braille reading in blind subjects**. Nature 380, 6574(1996), 526-528.
- DIAS et al.(2009) Dias, A.F.S; Silva, M.F.; Schmitz, E.; Dias, D.S. **Motivational Factors for Visual Deficient Users**. CLEI ELECTRONIC JOURNAL, VOLUME 12, NUMBER 1, PAPER 4, APRIL 2009.
- FLICK, U. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 2ª Ed. São Paulo: Bookman, 2007.
- GRAHAN (2005) Charles R. Graham. **INTRODUCTION TO BLENDED LEARNING**. Disponível em <http://www.publicationshare.com/graham_intro.pdf> . Acesso em 26 jul. 2012.
- GOLDREICH et al. (2003) Goldreich, D.; Kanics, I.M. **Tactily acuity is enhanced in blindness**. Journal of Neuroscience 23.8 (2003), 3439-3445.
- HAN (2005) Jefferson Y. Han. **Low-Cost Multi-Touch Sensing through Frustrated Total Internal Reflection**. UIST'05 Proceedings of the 18 th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2005.
- HAMILTON et al. (2000) Van Boven, R.; Hamilton, R. ; Kauffman, T.; Keenan, J.; Pascual-Leone, A. **A Tactile spatial resolution in blind Braille readers**. Neurology, 54(2000), 2230-2236.
- HIX et al.(1993) HIX ,D; HARTSON, H. R.. **Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product and Process**. John Wiley & sons, inc. 1993.
- HTML5 (2012) W3C HTML 5 - **A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML - W3C Working Draft 29 March 2012**. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/html5/>>. Acesso em 26. jul.2012.
- IPHONE (2012) APPLE INC. **Smartphone**. Disponível em <<http://www.apple.com/br/iphone/>> . Acesso em 26.jul. 2012.
- KANE et al. (2011) Kane, S.K.; Wobbrock, J.O.;Ladner, R.E. Usable Gestures for Blind People: Understanding Preference and Performance. Proc. CHI 2011, ACM.
- KIERAS, D. **Using the Keystroke-Level Model to Estimate Execution Times**.Universidade de Michigan.2001. Disponível em <<http://www.ict.griffith.edu.au/marilyn/uidweek10/klm.pdf>>. Acesso em 26.jul.2012.
- LAW et al. (2000) Law, C., Vanderheiden, G.C. **The Development of a simple, low cost set of universal access features for electronic devices**. Proc. CUU '00, ACM(2000), 118.
- LEVIALDI et al.(2004) LEVIALDI, M.M.; LEVIALDI,S. **Evaluating web sites: exploiting user's expectations**. Int. J. Human-Computer Studies, Volume 60, Issues 3, March 2004.
- MORVILLE , P; ROSENFELD, L. **Information Architecture for the World Wide Web**. 3ed, Sebastopol, CA: O'Reilly, 2006.
- NBR ISO/IEC 9241-11 (2002) Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores Parte 11 – **Orientações sobre Usabilidade**, 2002.
- PORTAL (2012) **Portal do Software Público Brasileiro**.Disponível em <<http://www.softwaredpublico.gov.br>>. Acesso em 26. Jul.2012.
- PREECE et al. (2005) PREECE J.; ROGERS, Y.; SHARP,H. **Design de Interação – Além da interação homem-computador**. Bookman ,2005.
- SCIENTIFIC AMERICA (2008) Stuart F. Brown. Reporting: **Hands On Computing: How Multi-touch Screens could change the way we interact with computer each other**. July 2008, American Scientific.
- SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. Pearson Addison Wesley, 2004.
- TORRES, R.J. **Practitioner's Handbook for User Interface Design and Development**, Prentice Hall, 2001, pp.68.
- TOUCHEVENT (2011) The World Wide Web Consortium (W3C). **Touch Events, version 1**, Candidate Recommendation - 15 December 2011. Disponível em <<http://www.w3.org/TR/2011/CR-touch-events-20111215/>>. Acesso em 26.jul.2012.
- VANDERHEIDEN (1996) Vanderheiden, G.C. Use of Audio-Haptic Interface Techniques to Allow Novisual Access to Touchscreen Appliances. Proc. HFES 40,(1996), 1266.
- VEEN, J. **The Art and Science of Web Design**. New Riders Press; 1 edition, 2000.