

Uma Revisão Sistemática sobre a inserção de Acessibilidade nas fases de desenvolvimento da Engenharia de Software em sistemas Web

Ana Luiza Dias, Renata Pontin de Mattos Fortes, Paulo César Masiero e Rudinei Goularte

Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação.

Caixa Postal 668, São Carlos, SP

{anadias, renata, masiero, rudinei}@icmc.usp.br

ABSTRACT

Accessibility is the ability to access and use of environments, products and services by any person and in different contexts. To reduce the problems presented by users when interacting with Web systems, studies have been conducted in order to minimize them in general. Their results are summarized in standards/guidelines to be followed in order to provide better usability and accessibility for all the diversity of users. In this context, this study intends to investigate a developer support system that cares about its content available in accessible to all. In this paper, is reported in a study about the state of the art engineering techniques to Web accessibility from a software development methodology formalized. The selection and analysis of the studies were performed by means of selected activities of the method of systematic review. The results include the analysis obtained by the synthesis of 65 studies selected from an initial pool of 301. From the data analyzed in this study, it was concluded that research on Web Accessibility has grown a lot since 2007. Although there are many accessibility techniques in software development, the study also indicates some activities related to Engineering Web are still sparse techniques for accessible applications.

RESUMO

A acessibilidade consiste na possibilidade de acesso e de uso de ambientes, produtos e serviços por qualquer pessoa e em diferentes contextos. Para diminuir as dificuldades apresentadas pelos usuários durante a interação com sistemas Web, estudos têm sido realizados visando a minimizá-las, de maneira geral. Seus resultados se encontram sintetizados em normas/orientações a serem seguidas visando proporcionar melhor usabilidade e acessibilidade para toda diversidade de usuários. Nesse contexto, a presente pesquisa pretende investigar um

suporte ao desenvolvedor de sistemas que se preocupa em disponibilizar seu conteúdo de forma acessível a todos. Neste artigo, é reportado um estudo referente ao estado da arte de técnicas da Engenharia Web (EW) para acessibilidade a partir de uma Metodologia de desenvolvimento de software formalizada. A seleção e análise dos estudos foram efetuadas por meio de atividades selecionadas do método de Revisão Sistemática. Os resultados incluem a análise obtida por meio da síntese de 65 estudos, selecionados de um conjunto inicial de 301. A partir dos dados analisados nesta pesquisa, pôde-se concluir que as pesquisas em Acessibilidade na Web têm crescido muito desde 2007. Apesar de haver muitas técnicas de acessibilidade no desenvolvimento de software, o estudo também indica algumas atividades relacionadas à EW que ainda estão escassas de técnicas para obter aplicações acessíveis.

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.
IHC 2010 – IX Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. October 5-8, 2010, Belo Horizonte, MG, Brazil. Copyright 2010 SBC.

Keywords

Accessibility, Software Engineering, HCI.

INTRODUCAO

Com a globalização e a necessidade de comunicação rápida sem locais e horários fixos, a Web está cada vez mais comum, tornando-se uma tendência que reforça o conceito de troca de informações e colaboração dos diversos usuários existentes com serviços virtuais [20]. Embora a necessidade do uso da Web seja evidente, o acesso aos conteúdos digitais não tem acontecido com a facilidade e intensidade que se esperava, pois, a cada evolução da tecnologia digital, parte dos indivíduos deixa de ter acesso às informações que são armazenadas por meio da nova tecnologia [10]. Nesse sentido, surge o termo “acessibilidade”, que corresponde à possibilidade de qualquer usuário, utilizando qualquer agente (software ou hardware que recupera e serializa conteúdo Web), possa entender e interagir com o conteúdo Web [71].

Assim sendo, um grande desafio é identificar aspectos de acessibilidade e usabilidade em soluções de interface e de interação para prover mecanismos e estratégias de apoio que facilitem o desenvolvedor na criação de projetos Web. Dessa maneira, o objetivo desta pesquisa é efetuar um

levantamento e uma classificação das técnicas/métodos para Acessibilidade na Web com base no grupo de processos de Engenharia da Norma ISO/IEC 12207, por meio do uso de procedimentos de Revisão Sistemática (RS) [41]. A RS tem como objetivo produzir uma síntese completa de trabalhos publicados sobre uma questão de pesquisa específica, utilizando um processo aberto e bem definido para guiar a busca e a análise de trabalhos.

Ao contrário de revisões de literatura feitas de forma não sistemática, a RS garante um valor científico ao trabalho. Nesta pesquisa, procedimentos de RS foram utilizados para a condução do levantamento e todos os passos envolvidos no seu desenvolvimento foram documentados, de forma a garantir a validade das conclusões tiradas a partir dos dados analisados. Este artigo está organizado da seguinte forma: Na Seção 2 são apresentados trabalhos relacionados, na Seção 3 há uma contextualização desta pesquisa, contendo informações sobre a Norma ISO/IEC 12207 e algumas características da acessibilidade na Web. Em seguida, na Seção 4, a Metodologia desenvolvida é apresentada. Na Seção 5 os resultados são apresentados. Por fim, na Seção 6 estão as considerações finais.

TRABALHOS RELACIONADOS

Algumas novas pesquisas têm surgido para apoiar a acessibilidade na Web. Um exemplo dessas pesquisas é a de Arrue, Vigo e Abascal [4], que propõem um framework flexível que facilita e promove a consciência de acessibilidade nos desenvolvedores de software durante todas as fases de desenvolvimento. A base desse framework flexível é a UGL (Linguagem de Diretrizes Unificadas) desenvolvida como resultado de um estudo abrangente de diferentes conjuntos de diretrizes. Os principais componentes do framework são: a ferramenta de gerenciar diretrizes e o módulo de avaliação flexível.

Além desse framework, Asakawa e Takagi [5] apresentam uma “Transcodificação para acessibilidade na Web”, desenvolvido para apoiar pessoas com dificuldades em acessar páginas Web, mas sem a necessidade de pedir aos autores do conteúdo modificarem suas páginas. Essa transcodificação faz conversão do conteúdo em tempo real em um servidor intermediário.

Uma RS sobre a acessibilidade nas Fases da EW foi realizado e publicado no trabalho de Freire, Goularte e Fortes [29]. No entanto, esta RS consistiu na coleta de dados dos anos de 1998 a 2006. Dessa maneira, este trabalho pretende dar continuidade à pesquisa desses autores, além de contribuir para o estado da arte sobre a acessibilidade no Desenvolvimento Web.

CONTEXTUALIZAÇÃO

Mesmo com a ampla utilização do computador e da Internet para a realização de atividades do dia-a-dia, é comum encontrar pessoas que, apesar de bem posicionadas

socialmente, economicamente e culturalmente, sentem dificuldades em operar máquinas e aplicações digitais. O desenvolvimento de interfaces que facilitam a operação de sistemas computacionais é, portanto, alvo de diversos esforços de pesquisa [54][55][56][57].

A EW surgiu como uma iniciativa disciplinada para apoiar e otimizar os esforços frequentemente exigidos nos processos de criação, gerenciamento, manutenção e controle de qualidade de aplicações Web [19]. Ela se refere ao estabelecimento e uso de conceitos científicos sólidos e de engenharia, de princípios de gerenciamento e de forma disciplinada e sistemática para desenvolver, tornar disponível e efetuar manutenção de aplicações Web [63]. Há diversos métodos de EW, tais como: UWE (*UML-Based Software Engineering*) [42], WebML (*Web Modeling Language*) [11], WAE (*Web Application Extension for UML*) [17] e OOWS (*Object Oriented Web Solutions*) [26].

O desenvolvimento de aplicações acessíveis envolve o uso de técnicas apropriadas para fornecer suporte para as atividades inerentes ao design e à implementação. Apesar de serem muitas as opções existentes para apoiar o desenvolvimento, falta um apoio para que em todas as fases do desenvolvimento de sistemas Web, a acessibilidade se mantenha.

Norma ISO/IEC 12207

Após analisar os métodos para identificar as principais características de EW, o modelo adotado para efetuar a classificação de técnicas para acessibilidade foi a Norma ISO/IEC 12207 [38]. Ela estabelece uma arquitetura de alto nível para processos de ciclo de vida de software e consiste em um conjunto de processos e nós relacionados entre esses processos. Cada processo corresponde a um conjunto de atividades relacionadas. No entanto, as atividades que são listadas nesses processos são algumas vezes parecidas. Portanto, para melhor dividir e facilitar a vida do desenvolvedor foi formalizado uma Metodologia (Nova Classificação) apresentada na Figura 1.

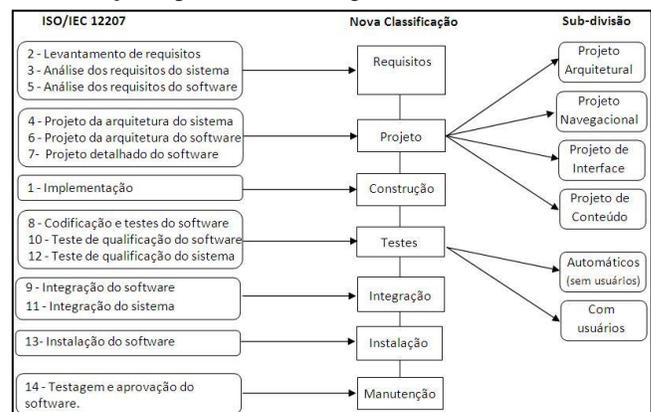


Figura 1. Classificação realizada a partir da NORMA ISO/IEC 12207

Conforme apresentado na Figura 1, percebe-se que as classificações das técnicas para o processo de: **Requisitos** (foram classificadas em um conjunto único, já que as atividades estão relacionadas à manipulação de requisitos, que são: levantamento de requisitos, análise dos requisitos do sistema, análise dos requisitos do software), **Projeto** (foram separadas em quatro subcategorias: projeto arquitetural, navegacional, de interface e de conteúdo) e **Testes** (foram agrupadas, pois as atividades estão relacionadas aos testes. São elas: codificação e testes do software, teste de qualificação do software, teste de qualificação do sistema).

Esta Nova Classificação está de acordo com as Fases de Desenvolvimento de Engenharia de Software (ES) [63]. A necessidade de dividir a Fase de Projeto em quatro fases (arquitetural, navegacional, de interface e de conteúdo) está de acordo com a fase de projeto de desenvolvimento de sistemas Web [27]. As duas subdivisões da Fase de Teste (com softwares - especifica os testes que são realizados usando programas e ferramentas online para testar a acessibilidade em ambientes Web e com usuários - especifica testes que utilizam usuários para testar a acessibilidade em ambientes Web) estão baseados na inspeção com software e com usuário [54][57], formas de avaliação de IHC (Interação Humano Computador).

Com a Nova Classificação definida conforme apresentada na Figura 1, os 65 artigos foram analisados e classificados nessas fases. Ressalta-se que a RS foi realizada em seis portais de busca, assim definidos: Springer [69], ACM [1], IEEE [37], Elsevier [21], Wiley [79] e Scielo [68], totalizando 301 artigos. Após a leitura dos *abstracts* de cada um deles, foram escolhidos 65 artigos que de fato possuíam técnicas/métodos sobre a acessibilidade na Web, podendo apoiar o desenvolvedor na inserção da acessibilidade durante as fases de desenvolvimento da EW.

Acessibilidade na Web

De acordo com Freire *et al.* [28], mesmo com o desenvolvimento e difusão da Web, diversas tecnologias que não seguem padrões foram criadas para estender as possibilidades do HTML e grande parte dos criadores de páginas e empresas que desenvolvem navegadores deixaram de seguir os principais padrões que garantem a universalidade da Web. Esta “quebra” com os padrões e princípios que acompanham a motivação da criação da Web, trouxe diversas consequências para sua evolução, uma vez que a utilização da Web por usuários com softwares não convencionais e mesmo para o uso da Web em dispositivos móveis é dificultada pela falta de padronização. Dessa maneira, mesmo com o avanço da tecnologia para promover diversas formas de acesso à Web, os avanços sociais para a inclusão de portadores de necessidades especiais tem colocado o tema de

acessibilidade na Web em destaque nos ambientes acadêmicos, empresariais e governamentais.

O tema “acessibilidade na Web” corresponde a uma característica de qualidade relativa ao *design* da aplicação Web de forma geral, de maneira que os usuários sejam capazes de acessá-la a partir de diferentes situações [76]. Dessa forma, as aplicações Web devem ser implementadas de forma que possam ser apresentadas e visualizadas, independentemente dos dispositivos, sistema operacional e navegadores utilizados. Por outro lado, nas situações relacionadas com as características do usuário é priorizada a adaptação, redundância e substituição do conteúdo de acordo com as deficiências físicas ou cognitivas que os usuários possam apresentar. As deficiências físicas em geral são: deficiência visual, audível e motora. Já as deficiências cognitivas consideradas são: patologias, dificuldades de leitura e compreensão do conteúdo etc.

Como a criação de aplicações Web com alto grau de acessibilidade tem recebido grande atenção, têm sido desenvolvidos conjuntos de orientações que observam os possíveis problemas e recomendam ações para se garantir a acessibilidade às aplicações por parte dos diversos tipos de usuários. O WCAG (*Web Content Accessibility Guidelines*) [76] é uma das principais referências mundial em termos de acessibilidade na Web.

METODOLOGIA

Durante a extração dos dados, cada um dos 65 artigos foram classificados como técnica de apoio a um ou mais processos da Nova Classificação (Figura 1). Os trabalhos foram classificados nas fases de: requisitos, projeto, construção, testes, integração, instalação e manutenção. Na Figura 2 são apresentados os artigos encontrados em cada Processo do Desenvolvimento da EW.

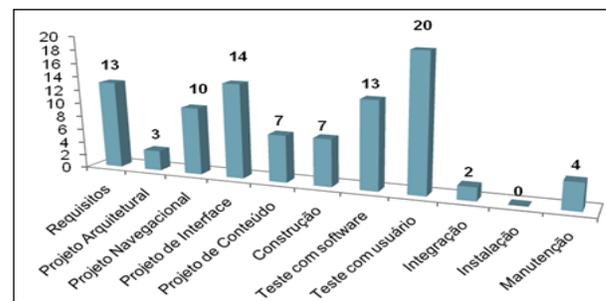


Figura 2. Número de publicações de técnicas para acessibilidade classificadas nos Processos da EW.

Percebe-se que não há nenhuma pesquisa sobre acessibilidade que possa apoiar o Processo de Instalação de software. Além disso, os processos de Projeto Arquitetural, Projeto de Conteúdo, Construção e Manutenção foram os que menos tiveram trabalhos envolvidos. Já o processo que mais obteve trabalhos foi o de teste com usuário. Os artigos

encontrados em cada Fase serão apresentados e discutidos nas Subseções seguintes.

Requisitos

O principal propósito das atividades de Engenharia de Requisitos é de coletar as necessidades dos usuários e documentá-las de maneira adequada. O levantamento dos requisitos consiste em entender os requisitos do sistema; obter e definir os requisitos e solicitações do usuário, objetivos operacionais e outros documentos. Como pode ser verificado na Figura 2, foram classificados 13 trabalhos no processo de Engenharia de Requisitos.

Baguma *et al.* [6] apresentam em um estudo de caso uma nova abordagem para considerar a acessibilidade no início do projeto, envolvendo requisitos de acessibilidade integrados com requisitos funcionais. Já Masuwa-Morgan [49], apresenta a ferramenta “AccessOnto” para a especificação de requisitos de acessibilidade, ou seja, é fornecido um repositório de diretrizes de acessibilidade e mais uma linguagem de especificação para ajudar os desenvolvedores de software a integrarem os requisitos de acessibilidade no documento de requisitos do usuário. Ressalta-se que foram também classificados na Fase de Requisitos, novas métricas e diretrizes criadas por vários autores, como as encontradas no trabalho de Akhter *et al.* [3], que propõem diretrizes para estender o projeto de usabilidade conceitual a fim de promover a confiança nos sites de comércio eletrônico para pessoas com deficiência.

Além dessa proposta, há alguns requisitos voltados para o contexto educacional na Web, como é o caso de Gregg [33] que apresenta um conjunto de seis exigências para aplicações de inteligência coletiva que permite aos profissionais de educação especial coletar dados e compartilhar ideias relacionadas com o desempenho dos alunos durante as tarefas educativas. Adicionalmente, Sun e Zhang [70] apresentam o status da acessibilidade em projetos de sites Web educacionais e propõem cinco princípios fundamentais para serem considerados em um projeto educacional para manter a acessibilidade. Já Mikic *et al.* [52] se preocupam com a acessibilidade no aprendizado com o apoio de tecnologias móveis. Como há um crescimento na participação dos usuários na criação de conteúdos Web, alguns autores propiciam uma série de boas práticas que devem ser consideradas pelos usuários comuns na criação de seus próprios conteúdos, já que algumas diretrizes são mais voltadas para desenvolvedores ou especialistas em design [30].

Projeto Arquitetural

É a atividade que tem como objetivo definir a estrutura arquitetural de uma aplicação Web. Três trabalhos foram classificados como Projeto Arquitetural, cada qual em um contexto diferente.

O primeiro artigo, que é mais geral, proposto por Shaik e Linh [66] apresenta um estudo experimental usando três fatores importantes que devem ser considerados na modelagem de projetos de sites Web: princípios de projeto de tela, princípios para organizar informações e experiência para usar páginas Web. Já o segundo trabalho, proposto por Grammenos, Savidis e Stephanidis [32] apresenta um projeto sobre a criação de Jogos acessíveis, projetados a partir das características individuais do jogador, não sendo necessário ajustar ou modificar os requisitos. O terceiro e último trabalho discute uma possível solução para simplificar a página de edição da Wikipédia quando interagindo via leitor de tela. Para isso, os autores acreditam que a interface de edição precisa estar em conformidade com as recomendações da W3C (*World Wide Web Consortium*) para assim superar problemas de acessibilidade e usabilidade que impedem que usuários cegos contribuam ativamente para a Wikipédia [8].

Projeto Navegacional

É a atividade que tem como objetivo definir a estrutura navegacional de uma aplicação Web. Para o Projeto Navegacional, há artigos que tratam assuntos específicos. Por exemplo, Grace [31] apresenta um sistema para aumentar a acessibilidade de mensagens eletrônicas, que recupera mensagens eletrônicas, converte-os em arquivos de áudio e facilita a transferência de mensagens para um dispositivo de escuta portátil.

Alguns autores apostam em interfaces de navegação multimodais ou interfaces de navegação personalizadas. Encelle e Baptiste-Jessel [23][22][24] introduzem conceitos que resultam na geração de interfaces de usuário personalizadas multimodais para navegar em conteúdo XML. Com o surgimento da Web semântica, interfaces de usuário personalizadas multimodais podem ser úteis para muitos usuários que tenham vários tipos de deficiências. Já outros autores propõem maneiras de avaliar o Projeto Navegacional. Michail e Christos [51] apresentam uma análise quantitativa que mede o desempenho de navegação e a sobrecarga cognitiva a partir de alguns critérios, como conclusão da tarefa, número de teclas etc.

Por fim, preocupações mais conhecidas sobre o Projeto Navegacional, como apoiar a navegação para usuários com deficiências, continuam sendo alvo de trabalhos. Ferres *et al.* [25] apresentam uma ferramenta que fornece descrições verbais das informações representadas em gráficos e uma maneira de interagir com essas informações, já que os leitores de tela não são bem equipados para lidar com essas representações. Topac e Stoicu-Tivadar [73] sugerem uma arquitetura de software para melhorar a acessibilidade à informação a partir de textos, combinando técnicas como: processamento de imagem, reconhecimento óptico de caracteres, tradução automática e análise de texto. Dessa maneira, o usuário pode colocar a informação em um

scanner ou em uma câmera Web e ouvir o texto traduzido e interpretado, se necessário.

Projeto de Interface

O Projeto de Interface desenvolve atividades com o objetivo de projetar os componentes de interface, sendo uma das atividades do processo de EW que tem maior impacto sobre a acessibilidade, uma vez que uma parcela considerável dos problemas de acessibilidade está relacionada à interface. Leuthold, Avila e Opwis [47] oferecem uma alternativa para interfaces gráficas de usuários (GUI), com a documentação de nove diretrizes para construir interfaces textuais de usuários. Para desenvolvedores que não tem muita experiência para definir os locais de cada componente na interface, Lai *et al.* [45] descrevem modelos computacionais baseados em pesos visuais para calcular a simetria e equilíbrio de imagens e textos sobrepostos. Como as tecnologias móveis tem crescido nos últimos anos, o trabalho de Chen, Yesilada e Harper [15] investigam os possíveis erros que os usuários cometem ao interagir com aparelhos móveis, geralmente relacionados à digitação e apontamento. Já Thinyane e Thinyane [72] apresentam uma aplicação desenvolvida especialmente para que deficientes visuais possam utilizar telefones móveis mesmo com a tela pequena, pois a aplicação suporta alterações como cor de fundo e fonte (por contraste) e tamanho da fonte.

Sabe-se que as cores tem grande importância em interfaces Web e tem despendido esforços de muitos pesquisadores. Pauwels *et al.* [60] mostram um experimento com 24 participantes para comprovar a eficiência, efetividade e satisfação em usar cores em campos de formulários online que são obrigatórios (atualmente marcados com *). Além disso, Cyr, Head e Larios [18] apresentam uma avaliação multimétodo (gravação dos olhos, pesquisa e entrevistas) para coletar o impacto da cor na confiança, satisfação e fidelidade do usuário.

Pensando ainda no melhor Projeto de Interface para usuários, há autores que pensam sempre em interfaces adaptáveis. Chritiernin [16] fala sobre um diagrama de processo para o desenvolvimento de projeto de interface multicamadas (com base nas habilidades, competência e níveis de experiência). Halbach [34] apresenta princípios específicos para um projeto universal a partir de uma variedade de deficiências cognitivas dos usuários, tais como: problemas com linguística (texto e linguagem), aprendizagem, solução de problemas, a atenção e o foco, a memória e a compressão visual.

Usuários com deficiências visuais tomam uma grande parcela dos trabalhos encontrados. Martin *et al.* [48] apresentam uma abordagem que inclui orientações/técnicas de acessibilidade que devem ser consideradas para diferentes níveis de abstração para usuários cegos ou outras pessoas com deficiência. Watanabe [77] discute a

importância de destacar/marcas títulos de páginas Web para chamar atenção dos usuários cegos e não cegos. Além disso, apresentam os resultados de um teste com usuários, tais como: o tempo de tarefa completado foi reduzido pela metade quando os títulos estavam destacados, os benefícios de marcação no tempo da execução da tarefa foram maiores para usuários cegos, mas a diferença de tempo de execução das tarefas diminuiu para usuários com e sem problemas visuais, quando os títulos estavam destacados. Kuber, Yu e McAllister [43] apresentam as tecnologias Haptic, pensadas para ter o potencial de ajudar pessoas cegas a superar os desafios vivenciados ao acessar a Web, estruturadas para o desenvolvimento orientado às sensações táteis para fins de exploração de páginas Web.

Projeto de Conteúdo

A maioria dos métodos de EW aponta que as aplicações Web são essencialmente direcionadas a conteúdo. Desta forma, o projeto de conteúdo acessível é uma questão crucial. Assim como a maioria dos artigos classificados no Projeto de Interface, os artigos classificados como Projeto de Conteúdo também fazem testes com usuários.

Para os usuários idosos, Karahasanovic *et al.* [40] apresentam três testes para saber como eles se adequam às redes sociais: 1) Padrões de uso da Internet, diferença de idade e participação em comunidades online; 2) Condições sociais das pessoas idosas; 3) Requisitos do contexto e do usuário em nível individual. Já Sayago e Blat [65] se preocupam em entender as dificuldades que os idosos têm ao interagir com aplicações de e-mail. Além disso, eles propõem uma nova maneira de desenvolver conteúdos para os usuários mais velhos.

Laff e Rissenberg [44] apresentam um conjunto ortogonal de dimensões de habilidades cognitivas baseado em neurociência moderna que os projetistas podem utilizar para caracterizar um usuário individual medindo a capacidade cognitiva para conteúdos Web acessíveis. Para os usuários com dificuldades na leitura, Watanabe *et al.* [78] apresentam uma tecnologia assistiva para ajudar os usuários que não conseguem ler fluentemente em sua língua materna devido ao comprimento do texto e complexidade linguística. O software gera um conteúdo acessível automaticamente a partir de páginas da Web, usando técnicas de consolidação e simplificação.

Construção

Após efetuar o projeto de um software, segue a implementação por meio da codificação dos componentes. A construção de uma aplicação Web envolve a implementação da lógica, interface e estrutura navegacional. É muito interessante acompanhar o relato de desenvolvedores sobre suas dificuldades em inserir acessibilidade em seus projetos Web.

Powers [61] discute sobre Linguagens de Programação que dificultam a inserção da acessibilidade, por ex: Ajax. Já alguns autores tentam criar *plugins* que apoiem os desenvolvedores, como é o caso de Votis *et al.* [75] que apresenta um *plugin* na ferramenta NetBeans que ajuda os desenvolvedores e projetistas, com esforço mínimo, explorar o projeto centrado no usuário e as importantes questões de acessibilidade. Além disso, Moreno, Martínez e Ruiz [53] oferecem uma solução para a inclusão de requisitos de acessibilidade no processo de *design* baseado no uso de modelos de conteúdo acessível a fim de preservar a acessibilidade e o processo de edição por usuários que também são criadores de conteúdos Web. Essa solução é uma anotação que é adicionada ao final da codificação, o que irá garantir um melhor complemento para as normas/diretrizes de acessibilidade.

Mais especificamente, alguns trabalhos tratam da construção de sistemas Web inserindo a acessibilidade para cegos. Cesarano, Fasolino e Tramontana [12] apresentam duas abordagens para transformar dinamicamente páginas Web em páginas fonéticas, ou seja, páginas que são otimizadas para usuários cegos. As abordagens foram avaliadas em um experimento em que as métricas de usabilidade foram utilizadas para avaliar a eficácia das técnicas de transformação das páginas Web. Kuber, Yu e McAllister [43] propõem uma abordagem participativa estruturada para o desenvolvimento orientado a sensações táteis para fins de exploração de páginas Web. Para a construção colaborativa de sistemas Web, Chao [14] apresenta uma nova forma de fazer projetos em ES utilizando Wikis, pois ele acredita que a exploração de Wikis seja a melhor maneira de comunicação entre os desenvolvedores. Além disso, uma pesquisa realizada com alunos indicou que a maioria achou a Wiki uma boa ferramenta para colaboração em projetos.

Testes

O teste é o processo de experimentar uma aplicação Web com a intenção de encontrar (e depois corrigir) erros [62]. No contexto de acessibilidade, o teste corresponde a atividades de inspeção e teste relacionadas à avaliação de acessibilidade.

Automáticos (sem a participação dos usuários)

Especifica os testes que são realizados usando ferramentas online para testar a acessibilidade em ambientes Web. Essas ferramentas têm por finalidade a avaliação de acordo com um conjunto de padrões de acessibilidade, como por exemplo, as diretrizes de acessibilidade elaboradas pela WAI (*Web Accessibility Initiative*) [76]. No entanto, existem vários trabalhos que realizam testes com softwares para verificar a autenticidade quanto às diretrizes da WAI.

Alguns autores relatam suas experiências ao testar sites Web com ferramentas online já disponíveis. Freire, Castro e

Fortes [28] apresenta uma análise por meio de métricas de acessibilidade nos sites dos governos estaduais brasileiros por meio de amostras coletadas entre 1996 e 2007. Okada, Arakawa e Kondo [58] verificam se os sites Web das instituições de ensino Japonesas estão em conformidade com os padrões de acessibilidade, concluindo que a maioria dos sites tem problemas e que os projetistas deveriam dar mais atenção a orientações específicas. May e Zhu [50] apresentam um teste com 1.117 entidades dentro do sistema escolar público do Texas usando um software para verificar se os sites Web atendiam às questões de acessibilidade da WCAG.

Alguns trabalhos propõem novos softwares ou novas maneiras de fazer testes. Yen [80] introduz uma diretriz para avaliar páginas Web baseada em vários modelos de acessibilidade criadas em estruturas de uma análise inovadora de acessibilidade de popularidade pode ser medida (A-P) e então usada para modificar a estrutura Web. Já Leitner, Hartjes e Strauss [46] apresentam um framework que constitui um instrumento para medir os efeitos da implementação da acessibilidade na Web por meio da agregação de dados quantitativos, apresentando a qualidade e eficiência da acessibilidade em sites Web. Para teste com usuários mais velhos, Carmichael, Newell e Morgan [9] discutem a eficácia do vídeo narrativo para identificar possíveis problemas de interação com os usuários mais velhos de interfaces ICT (*Information and communication technologies*). Pensando em usuários com deficiências, Vigo *et al.* [74] apresentam um framework e um sistema para avaliar a acessibilidade das páginas Web de acordo com as necessidades individuais dos usuários. A ferramenta de avaliação é capaz de entender as especificações W3C e gerar relatórios de avaliação que são adaptadas às necessidades individuais do usuário e medidas de acessibilidade. Além disso, os desenvolvedores podem se beneficiar usando avaliações personalizadas no desenvolvimento de sites para públicos específicos.

Com usuários

Especifica testes que utilizam usuários para verificar a acessibilidade em ambientes Web. Algumas pesquisas classificadas no processo de teste com usuários são usadas em fazer testes com usuários de faixas etárias distintas. Hourcade e Berkel [35] apresenta um estudo de caso para comparar o desempenho de três faixas de idade (18-22), (50-64), (65-84). Essa pesquisa aponta que os usuários entre 65-84 anos têm muitas dificuldades de interagir com interfaces que possuem o mesmo tamanho para os botões.

É interessante notar, que além de fazer testes com usuários de idades distintas, há testes realizados com um número de usuários relevante, visto que é muito trabalhoso conseguir reunir várias pessoas e coletar tantas informações que esse público alvo transmite durante suas interações. Chandrashekar e Hockema [13] realizaram um estudo com

60 usuários da Web com deficiência visual. Entre os resultados do estudo, podem ser considerados: I) a capacidade dos usuários com deficiência avaliar a credibilidade de informações online é regida pelo nível de acessibilidade à Web; II) a credibilidade das suas avaliações são suportadas por fatores sociais, marcada pela colaboração com a comunidade de informação. Em suma, os autores acreditam no design participativo para construir uma comunidade interativa online e sites Web acessíveis.

Integração

A integração do sistema faz-se a partir da integração dos itens de configuração de software ao sistema. Jeschke, Richter e Sinha [39] descrevem uma arquitetura baseada em SOAP, que é um espaço de conhecimento cooperativo baseado em sala que permite à equipe cooperar trabalhar integrando montagens experimentais de maneira mais fácil quando o desenvolvimento do software acessível é feito à distância. Já Pastore [59] descreve exemplos práticos de suas experiências do processo de seleção de Padrões e Plataformas de software por meio da análise das tecnologias, métodos e ferramentas disponíveis. O objetivo é enfatizar a dificuldade de escolher uma solução com a integração de Plataformas. No entanto, o trabalho mostra como diferentes linguagens e interfaces podem ser introduzidas para o desenvolvimento de aplicações acessíveis baseadas na Web.

Instalação

Na instalação do software deve-se executar um plano para instalar o produto de software no ambiente alvo, conforme designado no contrato. Deve ser assegurado que o código do software e as bases de dados sejam iniciados, executados e finalizados, conforme especificado no contrato. Não foram encontradas técnicas para manter a acessibilidade na Fase de Instalação. Esse é um dos *gaps* encontrados durante a realização desta RS.

Manutenção

A Manutenção de Software é o processo dedicado para corrigir problemas ou para efetuar modificações perfectivas, adaptativas ou preventivas. Os trabalhos classificados na Fase de Manutenção são bem distintos. Bailey e Burd [7] propõem uma necessidade de diferenciar a manutenção da Web a partir da manutenção de softwares tradicionais, garantindo que as páginas Web estejam acessíveis para usuários com deficiência. Já Huang [36] apresenta os desafios para evoluir e inserir acessibilidade em sites Web já classificados como sistemas legados, dada a sua idade, tamanho e complexidade. Aizpurua *et al.* [2] se preocupam em atualizar o sistema Web com as novas regras de acessibilidade que surgem, apresentando um quadro de avaliação para fazer a transição da WCAG 1.0 para a WCAG 2.0 em ferramentas de revisão de acessibilidade. Finalmente, Ryu, Kim e Lee [64] apresentam testes com vídeos UCC (vídeos com o conteúdo criado para o usuário)

e introduz características que devem ser levadas em consideração na manutenção do software.

RESULTADOS

De acordo com a Figura 3, pode-se verificar a evolução do número de publicações a respeito da acessibilidade na Web. Pode-se inferir que o número de publicações tem crescido com o tempo, com exceção do ano de 2008. Também é importante ressaltar que apesar de ter havido uma queda no ano de 2010, acredita-se que isto seja devido às buscas realizadas no início do primeiro semestre do ano.

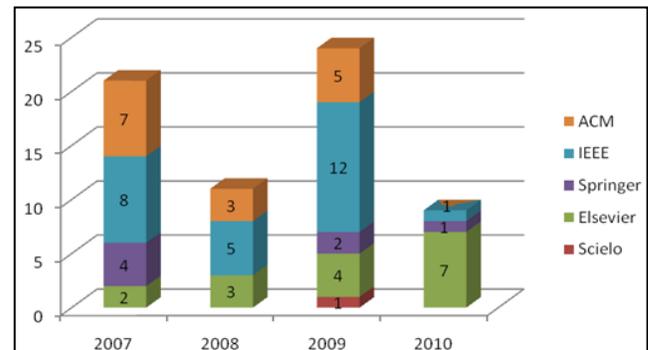


Figura 3. Ano de publicação dos artigos selecionados.

Na Figura 3 são apresentados os números de artigos encontrados nos anos de 2007 a 2010 em cada portal de busca. O portal da IEEE [37] é a que possui mais publicações na maioria dos anos, exceto no ano de 2010, que a Elsevier [21] superou o número de publicações sobre o tema acessibilidade. Além da Figura 3, pode-se explorar a Figura 4, que apresenta a evolução das pesquisas em cada Processo de Desenvolvimento de Software de acordo com os anos pesquisados na RS (2007 a 2010).

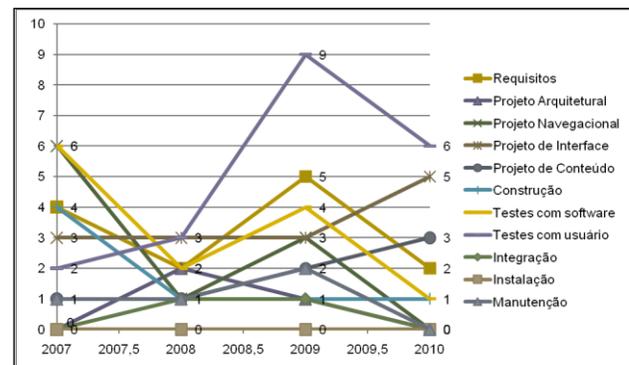


Figura 4. Evolução das pesquisas em cada processo de desenvolvimento de software.

Na próxima Seção são apresentadas as considerações finais e os trabalhos futuros.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há muitas pesquisas em desenvolvimento sobre acessibilidade em sistemas Web. Essa percepção pode ser considerada a partir do levantamento realizado nesta RS.

No entanto, essas pesquisas ainda se distanciam muito, pois elas estão interessadas em resolver um problema específico sobre a acessibilidade e raramente dão importância para mais do que duas fases do Desenvolvimento da ES. Uma preocupação em apoiar usuários que são criadores de conteúdo na Web é evidente, já que os usuários, que por sua vez passam a ser desenvolvedores, precisam de instruções para deixar seus conteúdos disponíveis a todos. Ressalta-se que o desenvolvimento de novas técnicas para acessibilidade na Web não auxilia somente desenvolvedores, mas também auxilia na promoção de uma Web mais inclusiva, de forma a construir uma sociedade da informação mais acessível.

Como trabalhos futuros, pretende-se levantar para quais usuários os trabalhos encontrados se destinam (usuários com deficiência visual, auditiva, idosos, de dispositivos móveis etc), podendo inclusive indicar a carência por trabalhos específicos para um ou para outro tipo de usuário em algumas fases do desenvolvimento de software. Adicionalmente, espera-se preencher alguns *gaps* encontrados nesta RS, como a ausência de trabalhos no Processo de Instalação de Software. Para isso, pretende-se desenvolver uma Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas Web considerando a acessibilidade em todas as Fases, a partir dos trabalhos aqui relatados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fapesp (proc. nº 2010/05626-7) pelo suporte financeiro.

REFERENCIAS

- [1] ACM. Disponível: <http://portal.acm.org>. Acesso: Abril/10.
- [2] Aizpurua, A.; Arrue, M.; Vigo, M.; Abascal, J. Transition of accessibility evaluation tools to new Standards. W4A: *International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility*, April 2009.
- [3] Akhter, F.; Buzzi, M.C.; Buzzi, M.; Leporini, B. *Conceptual Framework: How to Engineer Online Trust for Disabled Users*. Web Intelligence and Intel. Agent Technol., WI-IAT. 3, 2009, 614 – 617.
- [4] Arrue, M.; Vigo, M.; Abascal, J. *Automatic Evaluation of Mobile Web Accessibility*. Lecture in Comp. Science, Univ. Access Ambient Intelligence Environments, 2007.
- [5] Asakawa, C.; Takagi, H. *Transcoding. Human-Computer Interaction Series*, Web Accessibility, 2008.
- [6] Baguma, R.; Stone, R.G.; Lubega, J.T.; Weide, T.P. van der. *Integrating Accessibility and Functional Requirements*. Lecture Notes in Comp. Science, Universal Access in HCI. Applicat. and Serv., 2009.
- [7] Bailey, J.; Burd, E. *Towards More Mature Web Maintenance Practices for Accessibility*, 2007, 81-87.
- [8] Buzzi, M.C.; Buzzi, M.; Leporini, B.; Senette, C. *Making Wikipedia editing easier for the blind*. NordiCHI: Proceedings of the 5th Nordic conference on HCI: building bridges, 2008.
- [9] Carmichael, A.; Newell, A.F.; Morgan, M. *The efficacy of narrative vídeo for raising awareness in ICT designers about older users` requirements*. Interacting with Computers, 19(5-6), 2007, 587-596.
- [10] Carvalho, J. O. F. *O papel da interação humano computador na inclusão digital*. Revista Transinformação, 2003. 75-89.
- [11] Ceri, S.; Fraternali, P.; Bongio, A. *Web Modeling Language (WebML): a modeling language for designing Web sites*. In 9th international World Wide Web conference on Computer networks: the international journal of computer and telecommunications networking, 2000, 137–157.
- [12] Cesarano, C.; Fasolino, A.R.; Tramontana, P. *Improving Usability of Web Pages for Blinds*. Web Site Evolution, WSE. 9th IEEE International Workshop. 2007, 97-104.
- [13] Chandrashekar, S.; Hockema, S. *Online Access, participation and information credibility assessment*. Science and Technology for Humanity (TIC-STH), IEEE Toronto Intern. Conf. 2009, 755 – 760.
- [14] Chao, J. *Student Project Collaboration Using Wikis*. Software Engineering Education & Training. CSEET. 20th Conference on. 2007, 255 – 261.
- [15] Chen, T.; Yesilada, Y.; Harper, S. *What input errors do you experience? Typing and pointing errors of mobile Web users*. Journal of HCI Studies, 68(3), 2010, 138-157.
- [16] Christiernin, L.G. *Guiding the designer: A radar diagram process for applications with multiple layers*. Interacting with Computers, 22(2), 2010, 107-122.
- [17] Conallen, J. *Building Web Applications with UML*. Addison-Wesley, second edition, 2002.
- [18] Cyr, D.; Head, M.; Larios, H. *Colour appeal in Website design within na across cultures: A multi-method evaluation*. Internat. Journal of HCI Studies, 2010, 1-21.
- [19] Deshpande, Y., Murugesan, S., Ginige, A., Hansen, S., Schwabe, D., Gaedke, M., White, B. *Web Engineering. Journal of Web Engineering*, 2002, 3-17.
- [20] Dias, A. L.; Anacleto, J. C.; Silveira, L. M.; Penteado, R. A. D. *Formalizing Motivational Patterns based on colors and their cultural meanings for developing Web applications*. 24th Symposium on Applied Computing (SAC), Hawaii. NY: ACM Press, 2009.
- [21] Elsevier. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso: Abril, 2010.
- [22] Encelle, B.; Baptiste-Jessel, N. *Personalization of user interfaces for browsing XML content using transformations built on end-user requirements*. Proc. of the international cross-disciplinary conference on Web accessibility, 2007.

- [23] Encelle, B.; Baptiste-Jessel, N.; *Generating Adaptable User Interfaces for Browsing XML Documents User Interfaces Adaptation Using User Profiles of Applications Policies*. 2007, 66 – 66.
- [24] Encelle, B.; Baptiste-Jessel, N. *A transformation framework for building personalized user interfaces for browsing XML content*. Proc. workshop on Semantically aware document processing and indexing, 2007.
- [25] Ferres, L.; Verkhogliad, P.; Lindgaard, G.; Boucher, L.; Chretien, A.; Lachance, M. *Improving accessibility to statistical graphs: the iGraph-Lite system*. Assets '07: Proceedings of the 9th international, 2007.
- [26] Fons, J., Pelechano, V., Albert, M., Pastor, O. *Development of Web Applications from Web Enhanced Conceptual Schemas*. In Conference on Conceptual Modeling, Springer-Verlag, 2003, 232-245.
- [27] Fraternali, P.; Paolini, P. *A Conceptual Model and a Tool Environment for Developing More Scalable, Dynamic, and Customizable Web Applications*. In EDBT, London, UK. Springer-Verlag, 1998, 421-435.
- [28] Freire, A.P.; Castro, M.; Fortes, R.P.M. *Acessibilidade dos sítios Web dos governos estaduais: uma análise quantitativa entre 1996 e 2007*. Rev. Adm. Pública 43(2): 395-414, ILUS, GRA. 2009.
- [29] Freire, A.P.; Goularte, R.; Fortes, R.P.M. *Levantamento sobre técnicas para Desenvolvimento de Aplicações Web acessíveis*. Relatório Técnico n. 303. ICMC-USP, São Carlos, 2007.
- [30] García, Y.S.M.; González, B.S.M.; García, J.C.Y. *Prosumers and accessibility: how to ensure a productive interaction*. W4A: Intern. Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility, 2009.
- [31] Grace, L.D. *gReader: A Universally Designed, Device-Independent Email Client*. Advances in Computer-Human Interactions. ACHI '09. Second International Conferences on. 2009, 329 – 335.
- [32] Grammenos, D.; Savidis, A. Stephanidis, C. *Designing universally accessible games*. Computers in Entertainment (CIE), 7(1), 2009.
- [33] Gregg, D. *Developing a collective intelligence application for special education*. Decision Support Systems, 47(4), 2009, 455-465.
- [34] Halbach, T. *Towards Cognitively Accessible Web Pages*. Advances in Computer-Human Interactions ACHI, Third International Conference, 2010, 19-24.
- [35] Hourcade, J.P.; Berkel, T.R. *Simple pen interaction performance of Young and older adults using handheld computers*. Interacting with Computers, 2008, 166-183.
- [36] Huang, S. *Frontiers of Web site evolution*. Frontiers of Software Maintenance, FoSM. 2008, 78 – 86.
- [37] IEEE. Disponível: <http://ieeexplore.ieee.org>. Acesso: Abril/10.
- [38] ISO/IEC 12207 - Standard for Information Technology - *Software Lifecycle Processes*. International Standard Organization, NY, 1998.
- [39] Jeschke, S.; Richter, T.; Sinha, U. *Embedding virtual and remote experiments into a cooperative knowledge space*. Frontiers in Education Conference, FIE. 38th Annual. 2008, F3H-13 - F3H-18.
- [40] Karahasanović, A.; Brandtzæg, P.B.; Heim, J.; Lüders, M.; Vermeir, L.; Pierson, J.; Lievens, B.; Vanattenhoven, J.; Jans, G. *Co-creation and user-generated content-elderly people`s user requirements*. Computers in Human Behavior, 2009, 655-678.
- [41] Kitchenham, B. *Procedures for performing systematic reviews*. Joint Technical Report Software Engineering Group, Department of Computer Science Keele University, United King and Empirical Software Engineering, National ICT Australia Ltd, 2004.
- [42] Koch, N.; Kraus, A. *The expressive Power of UML-based Web Engineering*. In Proc. Of IWOST'02 CYTED, 2002, 105–119.
- [43] Kuber, R.; Yu, W.; McAllister, Graham. *Towards developing assistive haptic feedback for visually impaired internet users*. CHI '07: SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 2007.
- [44] Laff, M.; Rissenberg, M. *Cognitive Ability Measures for Accessible Web Content*. Lecture Notes in Computer Science, Universal Access in Human Computer Interaction. Coping with Diversity, 2007.
- [45] Lai, C.; Chen, P.; Shih, S.; Liu, Y.; Hong; J. *Computational models and experimental investigations of effects of balance and symmetry on the aesthetics of text-overlaid images*. International Journal of Human-Computer Studies, 2010, 41-56.
- [46] Leitner, M.L.; Hartjes, R.; Strauss, C. *Web Accessibility Issues for the Distributed and Interworked Enterprise Portals*. Parallel Processing Workshops. ICPPW '09. Intern. Conf, 2009, 270-275.
- [47] Leuthold, S.; Avila, J.A.B.; Opwis, K. *Beyond Web content accessibility guidelines: design of enhanced text user interfaces for blind internet users*. Journal of Human-Computer Studies, 66(4), 2008, 257-270.
- [48] Martin, A.; Cechich, A.; Gordillo, S.; Rossi, G. *A Three-Layered Approach to Model Web Accessibility for Blind Users*. Web Conference, 2007, 76 – 83.
- [49] Masuwa-Morgan, K.R. *Introducing AccessOnto: Ontology for Accessibility Requirements Specification*. Ontologies in Interactive Systems. First International Workshop, 2008, 33-38.
- [50] May, S.; Zhu, Q. *A Web accessibility assessment on the Texas public school system*. Universal Access in the Inf. Society, 9(1), 2010.

- [51] Michail, S.; Christos, K.. *Adaptive Browsing Shortcuts: Personalising the User Interface of a Specialised Voice Web Browser for Blind People*. Data Engineering Workshop. 23rd International Conference. 2007, 818-825.
- [52] Mikic, F.; Anido, L.; Valero, E.; Picos, J. *Accessibility and Mobile Learning Standardization*. ICONS '07, Second International Conference on, 2007, 32 – 32.
- [53] Moreno, L.; Martínez, P.; Ruiz, B. *Guiding accessibility issues in the design of Websites*. SIGDOC: 26th annual ACM intern. Conf. on Design of communication, 2008.
- [54] Nielsen, J. *Designing Web Usability*. New Riders Publishing, 2000.
- [55] Nielsen, J. *Usability Engineering*. Academic Press, 1993.
- [56] Nielsen, J. *Usability Inspection Methods*. John Wiley, 1994.
- [57] Nielsen, J.; Tahir, M. *Homepage Usabilidade: 50 Websites desconstruídos*. RJ: Campus, 2002.
- [58] Okada, H.; Arakawa, H.; Kondo, T. *Comparison of Web accessibility within japanese educational institution Websites*. ICCAS-SICE, 2009, 3605-3608.
- [59] Pastore, S. *Web Tools and Standards in the Web 2.0 Era for Activities Dissemination*. Emerging Network Intelligence, International Conference, 2009, 123-128.
- [60] Pauwels, S.L.; Hübscher, C.; Leuthold, S.; Avila, J.A.B.; Opwis, K. *Error prevention in online forms: Use color instead of asterisks to Mark required-fields*. Interacting with Computers, 21(4), 2009, 257-262.
- [61] Powers, D. *Building Dynamic Sites with Ajax and PHP*. The Essential Guide to Dreamweaver CS3 with CSS, Ajax, and PHP, 2007.
- [62] Pressman, R. S.; Lowe, D. *Engenharia Web*. LTD, 2009.
- [63] Pressman, R. *Software Engineering*. McGraw-Hill, 2001.
- [64] Ryu, M.; Kim, S.; Lee, E. *Understanding the factors affecting online elderly users' participation in video UCC services*. Comp. in Human Behavior, 2009, 619-632.
- [65] Sayago, S.; Blat, J. *Telling the story o folder people e-mailing: An ethnographical study*. International Journal of Human-Computer Studies, 2010, 105-120.
- [66] Schaik, P.; Ling, J. *Modelling user experience with Web sites: Usability, hedonic value, beauty and goodness*. Interacting with Computers, 2008, 419-432.
- [67] Schwabe, D., Rossi, G., Barbosa, S. D. J. *Systematic hypermedia application design with OOHDM*. In HYPERTEXT: Proceedings of the the seventh ACM conference on Hypertext, NY 1996, 116-128.
- [68] Scielo. Disponível: <http://search.scielo.org/index.php>. Acesso: Abril/10.
- [69] Springer. Disponível: <http://www.springerlink.com>. Acesso: Abril/10.
- [70] Sun, Z.; Zhang, J. *On Accessibility of Concept, Principle and Model of Educational Web Sites Design*. New Trends in Information and Service Science, NISS, 2009, 730-733.
- [71] Thatcher, J., Bohman, P., Burks, M., Henry, S. L., Regan, B., Swierenga, S., and Urban, M. *Constructing Accessible Web Sites*. Glasshaus, 2002.
- [72] Thinyane, H.; Thinyane, M. *ICANSEE: A SIM based application for digital inclusion of the Visually impaired community*. Innovations for Digital Inclusions, K-IDI. ITU-T Kaleidoscope: 2009, 1 – 6.
- [73] Topac, V.; Stoicu-Tivadar, V. *Software Architecture for Better Text-Based Information Accessibility*. Telecommunications, AICT. Fifth Advanced International Conference on 2009, 198 – 202.
- [74] Vigo, M.; Kobsa, A.; Arrue, M.; Abascal, J. *User-tailored Web accessibility evaluations*. HT '07: Proceedings of the eighteenth conference on Hypertext and hypermedia, 2007.
- [75] Votis, K.; Oikonomou, T.; Korn, P.; Tzovaras, D.; Likothanassis, S. *A visual impaired Simulator to achieve embedded accessibility designs*. Intelligent Computing and Intelligent Systems, ICIS Conference, 2009, 368-372.
- [76] W3C. *Web Content Accessability Guidelines 1.0*, 1999. Disponível em <http://www.w3.org/TR/WCAG10/>. Acesso: Jan/10.
- [77] Watanabe, T. *Experimental evaluation of usability and accessibility of heading elements*, W4A: International cross-disciplinary conference on Web accessibility, 2007.
- [78] Watanabe, W.M.; Candido Jr, A.; Uzêda, Vinícius R.; Fortes, R.P.M.; Pardo, T.A.S.; Aluísio, S.M. *Facilita: reading assistance for low-literacy readers*. SIGDOC: 27th intern. Conf. on Design of communication, 2009.
- [79] Wiley. Disponível em: <http://interscience.wiley.com>. Acessado em: Abril, 2010.
- [80] Yen, B. *The design and evaluation of accessibility on Web navigation* (Benjamin, 2007) Decision Support Systems, 42(4), 2007, 2219-2235.