

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SISTEMA DE HIPERMÍDIA ADAPTATIVA ACESSÍVEL COM
MECANISMO DE ADAPTAÇÃO BASEADO EM MINERAÇÃO
DE DADOS

CLEONE SILVA DE LIMA

ORIENTADOR

D. SC. PEDRO FERNANDES RIBEIRO NETO

MOSSORÓ - RN

ABRIL - 2011

CLEONE SILVA DE LIMA

**SISTEMA DE HIPERMÍDIA ADAPTATIVA ACESSÍVEL COM
MECANISMO DE ADAPTAÇÃO BASEADO EM MINERAÇÃO
DE DADOS**

Dissertação de Mestrado submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e Universidade Federal Rural do Semiárido como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Sistemas Computacionais

ORIENTADOR

D. SC. PEDRO FERNANDES RIBEIRO NETO

MOSSORÓ - RN

ABRIL - 2011

CLEONE SILVA DE LIMA

**SISTEMA DE HIPERMÍDIA ADAPTATIVA ACESSÍVEL COM
MECANISMO DE ADAPTAÇÃO BASEADO EM MINERAÇÃO
DE DADOS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e Universidade Federal Rural do Semiárido.

Mossoró, 29 de Abril de 2011.

Banca Examinadora:

Prof. Pedro Fernandes Ribeiro Neto, D.Sc.

Orientador

Prof. Ana Maria Guimarães Guerreiro, D.Sc.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Marcelino Pereira dos Santos Silva, D.Sc.

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Ao que tenho de mais importante em minha vida: meus pais, Creusa Silva e Raimundo Alves (in memoriam); meus irmãos: Heliane, Cláudia, Vera, Socorro, Luzia e Marcelo; meus sobrinhos: Thiago, Thércio, Tarkilis, Tricia e Emiliane; e minha adorável afilhada Lavínia.

Agradecimentos

Como qualquer pesquisa científica, a pesquisa que culminou com esta dissertação é apenas uma pequena colina sobre uma grande montanha de experiência anterior. Foram muitas horas de labor incessante, de dedicação e de estudo, acompanhadas do convívio diário de inúmeras pessoas, as quais compartilharam os muitos momentos da elaboração deste trabalho. Desde já, me desculpo se, porventura, esquecer alguém. Agradeço:

A Deus, Ser de infinita grandeza, responsável pelo concerto admirável da criação e pela centelha da vida.

A minha família, pelo apoio, pelo incentivo, pelos cuidados e principalmente pelo amor incondicional.

A minha namorada Eduarda Reis, por ser minha companheira, minha conselheira e minha amiga. Sua cumplicidade e seu carinho foram importantes nesta caminhada. Muitíssimo obrigado por tentar entender minhas deliberações excêntricas.

Ao meu orientador Pedro Fernandes, pela orientação e apoio que possibilitaram minhas incursões às diversas searas do conhecimento. A força de seu caráter e personalidade incutiram a disciplina e o rigor acadêmico imprescindíveis para que este trabalho chegasse ao fim.

Aos colegas do Centro Espírita Seareiros de Jesus, pelos diversos ensinamentos que permitem adiantar-me mais na vida espiritual e entender a grandeza cósmica e sublime da natureza.

Aos membros da banca de defesa pela coerente avaliação e valiosa contribuição científica nesta dissertação.

Minha gratidão aos colegas de mestrado pelo agradável cotidiano e agonia compartilhados, em caráter especialíssimo à Phelipe Sena, Aislânia Alves, Welliana Benevides, Fernando Soares, Mailson Couto, Arthur Oliveira, Rangel Nunes, Leonardo Costa e Mário

Jorge.

Aos amigos do Laboratório de Engenharia de Software - LES (Natalyany, Jocileide, Luana, Márcia, Lenardo, Gracon, Jomar, Ronnison, Marlos, Renato, Anderson, Jocifran) por contribuírem para que este laboratório seja um ambiente fantástico de trabalho.

A Ana Lúcia pela atenção, afabilidade, confiança e torcida pela conclusão de meu trabalho.

A UERN e a UFERSA pela oportunidade de aperfeiçoamento acadêmico e infraestrutura fornecida, bem como à CAPES pelo apoio financeiro.

Por fim, a tantos outros que esqueci de colocar aqui. Um grande e fraternal abraço para vocês.

*Eu não sou eu.
Eu sou alguém que caminha a meu lado.
Que permanece em silêncio quando estou falando.
Que perdoa e esquece quando estou irado, esbravejando.
Que segue sereno quando estou aflito, sofrendo.
E que estará de pé quando eu estiver morrendo.
Eu não sou eu.
Eu sou alguém que caminha a meu lado.*

Juan Ramón Jiménez

Resumo

Sistemas de hipermídia adaptativa permitem o compartilhamento de informações por meio dos multimeios (texto, áudio, vídeo e animação). Além disso, acrescentam uma notável contribuição à universalização do acesso, na medida que propõe métodos e técnicas capazes de efetivamente modelar perfis de usuários visando oferecer personalização individual. No entanto, a democratização do acesso ao conhecimento passa pela construção de espaços digitais potencialmente inclusivos em cuja construção devem ser consideradas as diretrizes de acessibilidade. Assim esta dissertação propõe a integração entre hipermídia adaptativa, acessibilidade e mineração de dados visando promover a disseminação de conhecimento a um público heterogêneo. Para isso, foi modelado e desenvolvido um Sistema de Hipermídia Adaptativa Acessível (SiPAAc) com informações sobre daltonismo, no qual a mineração de uso da Web foi utilizada para adaptar automaticamente a estrutura de *links* e a apresentação de conteúdo no ambiente conforme padrões de navegação dos usuários. Por fim, os resultados obtidos mostram a viabilidade da aplicação conjunta de hipermídia adaptativa, acessibilidade e mineração de dados possibilitando o desenvolvimento de ambientes digitais que sejam realmente acessíveis e personalizáveis à pluralidade de usuários.

Palavras-Chave: Hipermídia Adaptativa; Acessibilidade; Mineração de Dados.

Abstract

Adaptive hypermedia systems enable information sharing through multimedia (text, audio, video and animation). Moreover, they add a remarkable contribution to access indiscrimination, as they propose methods and techniques capable of effectively model users profiles, aiming to offer individual personalization. However, the democratization of knowledge access goes through the development of potentially inclusive digital spaces whose development should include considerations concerning accessibility guidelines. This dissertation proposes the alliance between adaptive hypermedia, accessibility and data mining aiming to promote knowledge dissemination to a heterogeneous audience. For that purpose, an Accessible Adaptive Hypermedia System was modeled and developed that includes information on Color Blindness, on which Web mining was used to automatically adapt *links* structure and content presentation according to user navigation patterns. Finally, the results obtained have shown the viability of the joint application of adaptive hypermedia, accessibility and data mining enables the development of digital environments that are actually accessible and adaptable to the diversity of users.

Keywords: Adaptive Hypermedia; Accessibility; Data Mining.

Lista de Figuras

2.1	Ciclo clássico de adaptação de um sistema ao modelo do usuário.	9
2.2	Componentes principais de SHA.	10
2.3	Arquitetura do modelo Dexter.	17
2.4	Arquitetura do modelo AHAM.	18
2.5	Arquitetura do modelo Munich.	19
2.6	Modelos propostos pela UWE.	21
3.1	Uso do leitor de tela como exemplo de tecnologia assistiva.	26
3.2	Componentes essenciais para uma Web acessível.	30
4.1	Processo de Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados.	36
4.2	Processo de mineração de uso da Web.	39
5.1	Atores do SiPAAc.	47
5.2	Diagrama de casos de uso do SiPAAc.	48
5.3	Modelo conceitual do SiPAAc.	49
5.4	Modelo do usuário e seus atributos.	50
5.5	Modelo de hiperespaço de navegação.	51
5.6	Formulário de cadastro.	54
5.7	Tela principal do SiPAAc.	55
5.8	Navegação no SiPAAc.	56
5.9	Técnicas de navegação adaptativa: classificação e anotação.	60
5.10	Técnica de apresentação adaptativa: páginas variantes	61

Lista de Tabelas

3.1	Princípios e diretrizes propostos pelo WAI.	28
4.1	Áreas de interesse na Mineração da Web.	37
5.1	Quantidade de deficiências no Brasil.	45
5.2	Modelo para o Processo de Design de Interface Web Adaptativa.	46
5.3	Regras de adaptação para o conteúdo do SiPAAC.	53
5.4	Exemplo de dados do SiPAAC para mineração.	59
5.5	Dados do SiPAAC minerados com <i>K-means</i>	59

Lista de Siglas

AHAM	<i>Adaptive Hypermedia Application Model</i>
ATAG	<i>Authoring Tool Accessibility Guidelines</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
eMAG	Modelo de Acessibilidade do Governo Eletrônico
HA	Hipermídia Adaptativa
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
KDD	<i>Knowledge Discovery in Databases</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
SBC	Sociedade Brasileira de Computação
SHA	Sistemas de Hipermídia Adaptativa
SiPAAc	Sistema de hiPermídia Adaptativa Acessível
TA	Tecnologias Assistivas
UAAG	<i>User Agent Accessibility Guidelines</i>
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
UWE	<i>UML-based Web Engineering</i>
W3C	<i>World Wide Web Consortium</i>
WAI	<i>Web Accessibility Initiative</i>
WCAG	<i>Web Content Accessibility Guidelines</i>
WEKA	<i>Waikato Environment for Knowledge Analysis</i>

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Motivação	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Divisão do Trabalho	5
2	Sistemas de Hipermídia Adaptativa	6
2.1	Introdução	6
2.2	Arquitetura de Sistemas de Hipermídia Adaptativa	9
2.2.1	Modelo do Usuário	11
2.3	O que pode ser Adaptado na Hipermídia Adaptativa	12
2.3.1	Apresentação Adaptativa	13
2.3.2	Navegação Adaptativa	14
2.4	Modelos de Referência para Hipermídia Adaptativa	16
2.4.1	Dexter	16
2.4.2	AHAM	18
2.4.3	Munich	19
3	Acessibilidade	22
3.1	Introdução	22
3.2	Benefícios da Acessibilidade	25
3.3	Tecnologias Assistivas	25
3.4	Diretrizes de Acessibilidade	27
3.5	Acessibilidade à Web no Brasil	31
4	Mineração de Dados	34
4.1	Introdução	34
4.2	Mineração de Uso da Web	38

4.2.1	Fases da Mineração de Uso da Web	38
4.3	Técnicas de Mineração de Dados	40
4.3.1	Algoritmos de Agrupamento	41
4.3.2	Funcionamento do algoritmo <i>K-means</i>	42
5	SiPAAc	45
5.1	Introdução	45
5.2	Modelos para Desenvolvimento do SiPAAc	47
5.2.1	Modelo de Casos de Uso	47
5.2.2	Modelo Conceitual	49
5.2.3	Modelo do Usuário	50
5.2.4	Modelo de Navegação	51
5.2.5	Modelo de Adaptação	52
5.2.6	Desenvolvimento do SiPAAc	53
6	Conclusões	63
6.1	Contribuições da Dissertação	64
6.2	Trabalhos Futuros	64
	Referências Bibliográficas	65

Capítulo 1

Introdução

A informação foi, e é, uma das principais propulsoras da crescente integração de economias, culturas e relações sócio-políticas entre os países. O uso do computador, bem como a interligação destes em redes, foi um dos grandes responsáveis por tal avanço (BARBOSA, 2004).

Nesse ínterim, os sistemas hipermídia tornaram-se uma nova possibilidade para a produção e disseminação de informações, pois permitem criar, anotar, unir, e compartilhar informações a partir dos multimeios (texto, áudio, vídeo e animação), proporcionando acesso as informações de uma forma associativa e não linear. Um ambiente hipermídia oferece novas possibilidades de acesso a grandes e complexas fontes de informações (TONIETO, 2006).

Embora se considere esta tecnologia ideal para a construção do conhecimento de modo contextualizado e interdisciplinar, existem problemas para os quais os usuários de sistemas hipermídia devem estar atentos, como: a sobrecarga cognitiva e a desorientação (BAYLOR, 2001; STRUCHINER; GIANNELLA; RICCIARDI, 2006). Em aplicações multimídias, normalmente, faz-se uso de recursos que utilizam mais de um canal de percepção ao mesmo tempo, como por exemplo, visão e audição, gerando sobrecarga cognitiva que pode levar a desorientação, e até mesmo, ao desestímulo do usuário (TAROUCO, 2007).

As novas tecnologias apontam para um contexto que busca abarcar um grande número de atores sociais, no entanto, a sociedade da informação ainda sobrevive à lógica da exclusão, sendo construída sob três pilares, a saber: (1) exclusão dos que não têm condições econômicas para adquirir os meios tecnológicos adequados; (2) exclusão das pessoas que, por idade ou formação, entre outras, não sabem operar com as tecnologias da informação e comunicação; (3) e exclusão das pessoas que por alguma deficiência ou situação de dependência

não tem acessibilidade aos recursos tecnológicos (SANTAROSA; BASSO, 2008).

Os usuários com deficiência, ao interagirem com conteúdos e sistemas Web, muitas vezes têm dificuldades de acesso, navegação ou não compreendem as informações veiculadas. Isso ocorre em virtude de muitos sistemas serem projetados sem considerar nenhuma das diretrizes de acessibilidade, apresentando páginas repletas de obstáculos que dificultam o acesso aos indivíduos com deficiência.

A adaptação de sistemas permite minorar este problema, quando seus conteúdos e estrutura são apresentados de acordo com o perfil do usuário. Neste sentido, uma alternativa que promove melhor assistência à heterogeneidade de perfis de usuários são os Sistemas de Hipermídia Adaptativa. A adaptação consiste na mudança do comportamento da aplicação para cada indivíduo. O processo de adaptação é baseado nas características dos usuários armazenadas em um modelo do usuário, e também nas características de seu ambiente de uso, como por exemplo: localização espaço-temporal, dispositivo usado para interação e plataforma de navegação.

A utilização da hipermídia adaptativa em consonância com padrões de acessibilidade potencializam a democratização dos espaços virtuais ao permitir a busca de informações e trocas sociocognitivas, inclusive para pessoas com alguma limitação. Dessa forma, é fundamental que o desenvolvimento de sistemas seja realizado em conformidade com diretrizes de acessibilidade tornando o conteúdo disponível na Web acessível a qualquer pessoa, com deficiência ou não, independente das ferramentas utilizadas e condições de acesso.

Sistemas de Hipermídia Adaptativa possuem como justificativa a melhoria da experiência de usuários em um contexto de excesso de informações, uma vez que melhoram a usabilidade de aplicações hipermídia por meio de sua personalização.

Martinez, Chen e Liu (2006) define personalização como a maneira pela qual informações e serviços podem ser adaptados para atender as necessidades específicas e particulares de um indivíduo ou de uma comunidade. Para um processo de personalização mais efetivo, técnicas de mineração de dados podem ser aplicadas para reconhecer padrões no comportamento do usuário e integrá-los ao perfil característico de cada indivíduo (JIN; ZHOU; MOBASHER, 2005).

Este trabalho promove a integração entre hipermídia adaptativa, diretrizes de acessibilidade e mineração de dados objetivando a disseminação de conhecimento a um público

heterogêneo, identificando suas particularidades no intuito de disponibilizar um ambiente personalizado e acessível. Para tanto, as características pessoais dos indivíduos armazenadas e mantidas em um modelo do usuário, são utilizadas no processo de personalização de aplicações. Visando a melhoria de Sistemas de Hipermídia Adaptativa utiliza-se a mineração de uso da Web para modificação automática da estrutura de *links* e apresentação de conteúdo no ambiente.

1.1 Motivação

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) aproximadamente 10% da população mundial possui alguma forma de deficiência, e este número tende a crescer em virtude de doenças crônicas, ferimentos, quedas, violência e outras causas como o envelhecimento da população (OMS, 2007). No Brasil, conforme dados do censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano 2000¹ (IBGE, 2000), aproximadamente vinte e cinco milhões de pessoas apresentavam algum tipo de deficiência. Diante dos dados supracitados, fica notório que pesquisas em acessibilidade computacional afetam uma faixa populacional significativa.

Existe um perfil heterogêneo da população deficiente em vários aspectos, sejam eles físicos ou sensoriais. Com isso, verifica-se a necessidade de potencializar um percurso navegacional e uma interface adequada a cada usuário e às suas preferências individuais.

Nesse sentido, algumas pesquisas estão sendo desenvolvidas na busca por soluções para o problema de personalização de sistemas ao usuário (ZANCHETT; DALFOVO, 2004; PAIM et al., 2007; ENCELLE; BAPTISTE-JESSEL, 2007; EYHARABIDE et al., 2009; PERNAS et al., 2009; LEE et al., 2009; WANG; LIAO, 2010).

A hipermídia adaptativa personaliza interfaces em sistemas computacionais. Assim, possibilita que as informações se apresentem de forma mais atraente e sejam assimiladas de maneira mais clara e fácil, enriquecendo as possibilidades de comunicação entre o usuário e o sistema.

O desenvolvimento de Sistemas de Hipermídia Adaptativa, considerando diretrizes de

¹Segundo o plano de divulgação dos resultados do censo demográfico realizado em 2010 pelo IBGE, somente a partir do mês de abril de 2011 as informações relacionadas a características da população brasileira serão divulgadas. Por este motivo, foram utilizados dados referentes ao censo realizado no ano 2000.

acessibilidade, amplia o acesso à informação, uma vez que a acessibilidade vai ao encontro de uma dimensão social do conhecimento, fomentando a formação de uma consciência coletiva no sentido da disseminação dos saberes e das riquezas.

A fim de motivar e desafiar a comunidade científica, a Sociedade Brasileira de Computação (SBC) definiu cinco grandes desafios da computação brasileira até 2016 (SBC, 2006). Este trabalho contempla o desafio 4 que visa o “Acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento”. O desafio 4 apresenta como objetivo a concepção de ambientes, métodos, modelos e teorias que sejam capazes de lidar e vencer as barreiras tecnológicas, educacionais, culturais, sociais e econômicas que atualmente dificultam ou impedem o acesso do cidadão brasileiro ao conhecimento. Para isso, buscam-se soluções que envolvam o cidadão, que passaria de usuário passivo a ativo e participativo na geração do conhecimento.

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho é o aspecto desafiador intrínseco do desenvolvimento de aplicações avançadas capazes de oferecer adaptabilidade ao usuário, em especial quando aspectos de acessibilidade são considerados. Além disso, busca-se contribuir com o estudo de interfaces adaptativas de maneira a desenvolver ambientes que permitam o fornecimento de informações acessíveis aos usuários de sistemas hipermídia.

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo o desenvolvimento de um Sistema de hiPermídia Adaptativa Acessível (SiPAAc), o qual utiliza como mecanismo de adaptação a mineração de uso da Web para modificação automática da estrutura de *links* e da apresentação de conteúdo no ambiente. As informações de navegação dos usuários são aproveitadas no processo de adaptação, possibilitando uma identificação mais precisa dos interesses e necessidades de cada indivíduo. São objetivos específicos deste trabalho:

- Modelagem de um Sistema de Hipermídia Adaptativa Acessível conforme um modelo de referência;
- Aplicação das diretrizes de acessibilidade, especificamente o guia WCAG 2.0 e o eMAG 2.0, para disponibilização de conteúdo acessível na Web;
- Concepção de um mecanismo de adaptação baseado na mineração de uso da Web;
- Implementação de um Sistema de Hipermídia Adaptativa Acessível, que utilize a mineração de uso da Web como mecanismo de adaptação.

1.3 Divisão do Trabalho

Esta dissertação está dividida em Capítulos, que por sua vez estão divididos em Seções. Cada Capítulo possui uma abordagem relevante aos objetivos do trabalho. O Capítulo 1 apresenta o tema, a motivação e os objetivos do trabalho. No Capítulo 2 são apresentados fundamentos sobre Sistemas de Hiperímia Adaptativa, investigando-se os elementos essenciais em um processo de adaptação. O Capítulo 3 apresenta conceitos referentes a acessibilidade enfatizando a importância que a tecnologia confere as pessoas com deficiência. O Capítulo 4 discorre sobre mineração de dados detalhando aspectos relativos a mineração de uso da Web. O Capítulo 5 apresenta o desenvolvimento de um Sistema de Hiperímia Adaptativa Acessível (SiPAAc) com informações sobre daltonismo, assim como apresenta requisitos de acessibilidade implementados. No Capítulo 6 são apresentadas as considerações finais, as contribuições identificadas bem como as sugestões de trabalhos futuros decorrentes desta pesquisa. Por fim, são apresentadas as Referências Bibliográficas.

Capítulo 2

Sistemas de Hipermissão Adaptativa

Este Capítulo aborda os principais conceitos da hipermissão adaptativa, os quais são necessários para o entendimento da pesquisa apresentada neste trabalho. A Seção 2.1 apresenta uma revisão da base conceitual dos Sistemas de Hipermissão Adaptativa. Na Seção 2.2 é apresentada a arquitetura básica de um Sistema de Hipermissão Adaptativa. Questões relacionadas a modelagem do usuário também são abordadas nessa Seção. A Seção 2.3 apresenta os principais métodos e técnicas que podem ser utilizados no processo de adaptação de um sistema hipermissão. Finalizando, a Seção 2.4 apresenta alguns modelos de referência para o desenvolvimento de Sistemas de Hipermissão Adaptativa.

2.1 Introdução

As primeiras pesquisas em Hipermissão Adaptativa (HA) ocorreram no ano de 1990 e visavam explorar o modo de adaptar a utilização e a apresentação de sistemas hipertexto para usuários individuais. A consolidação dos primeiros esforços de pesquisa na área se deu em 1996 com o surgimento de diversos grupos de pesquisa, com a realização de seminários e workshops, com as primeiras defesas de teses e com o lançamento do primeiro livro sobre o assunto (BRUSILOVSKY, 2001). Neste ínterim, o crescimento da Web também contribuiu para o progresso das pesquisas em HA, em virtude de sua demanda por adaptatividade, sua grande diversidade de audiência, e por se constituir em uma plataforma atraente.

No entanto, muitas das aplicações disponibilizadas na Web constituem-se de páginas hipertexto estáticas, com fornecimento de um mesmo conteúdo e conjunto de *links* para todos os usuários. O projetista constrói o sistema hipermissão¹ e o usuário tem que se adaptar

¹Sistemas hipermissão apresentam um conjunto de informações na forma de textos, áudios, vídeos e outros

ao seu funcionamento (BARBOSA, 2004).

Outrossim, possibilitar o acesso ao mundo virtual a todos os atores sociais é premissa básica para uma sociedade que preconiza a participação ampla de todos os cidadãos, o respeito às diferenças e à igualdade de oportunidades. Nesse sentido, a HA apresenta-se como um meio propulsor para promoção de uma sociedade inclusiva uma vez que possibilita o acesso aos saberes ao tornar mais horizontal e menos seletivo o acesso ao conhecimento.

Nesse contexto, a HA é uma alternativa para o tradicional formato no desenvolvimento de sistemas hipermídia por possuir uma abordagem centrada no usuário com intuito de facilitar a navegação e a apresentação de conteúdo, passando para o usuário final uma interface personalizada e adequada aos seus interesses e tornando o ambiente em uso mais interessante.

Segundo Oliveira e Fernandes (2002), Sistemas de Hipermídia Adaptativa (SHA) são usados para solucionar quatro problemas:

- Quebra de fluxo conceitual: nas estruturas com muitos *links*, nem sempre é possível garantir que o usuário tenha passado por todos os nós que possuam uma relação de pré-requisito com o atual, dificultando o entendimento dos conceitos apresentados;
- Desorientação: ocorre nas estruturas complexas de *links*, onde o usuário tem dificuldade para saber como chegou a um determinado nó, como voltar ou como chegar onde deseja;
- Sobrecarga cognitiva: está relacionada à sobrecarga de informação apresentada ao usuário, seja ela em termos de conteúdos ou de *links*;
- Quebra de fluxo narrativo: nem sempre a passagem de um nó para outro apresenta um fluxo suave como esperam os usuários.

O objetivo das pesquisas em HA é melhorar a usabilidade de aplicações hipermídia por meio de sua personalização.

A HA é útil em qualquer área de aplicação onde usuários de sistemas hipermídia tenham objetivos e conhecimentos diferentes e onde o hiperespaço² seja razoavelmente grande.

Os SHA constroem um modelo das metas, preferências e conhecimentos de cada usuário individualmente, e usam este modelo ao longo da interação do usuário para adaptá-lo às necessidades deste (BARBOSA, 2004). Os SHA atuam então em *background*, sem solicitar

tipos de dados, e são organizados segundo o modelo associativo e de remissões próprio do hipertexto.

²Define-se hiperespaço como o espaço de informações em sistemas hipermídia.

informações diretamente ao usuário, adaptando sua forma de apresentação às características de quem os utiliza (BARBOZA, 2006).

O objetivo geral de tais sistemas é prover aos seus usuários conteúdo atualizado, subjetivamente interessante, com a ilustração multimídia pertinente, num tamanho e profundidade adequados ao contexto e em correspondência direta com o modelo do usuário (PALAZZO, 2004). Este funciona como uma referência para o sistema, que busca adaptar seu ambiente às expectativas particulares de seus utilizadores. Assim, os SHA tentam antecipar as expectativas de quem os utiliza a partir de modelos representando seu perfil. Seu uso tem sido proposto para satisfazer diferentes perfis de usuários em um mesmo ambiente informacional.

Segundo Palazzo (2000), HA é a área da Ciência da Computação que se ocupa do estudo e desenvolvimento de sistemas, arquitetura, métodos e técnicas capazes de promover a adaptação de hipermídias às necessidades, expectativas, preferências e desejos de seus usuários. Em outras palavras, a HA estuda o desenvolvimento de sistemas capazes de promover a adaptação de conteúdos e recursos multimídia, vindos de qualquer fonte (banco de dados, internet, serviços) e apresentados em qualquer formato ao perfil ou modelo de seus usuários, cujo estilo, conteúdo, recursos e *links* serão dinamicamente selecionados entre diversas possibilidades, reunidos e apresentados a eles conforme seus objetivos.

Brusilovsky (1996) define SHA como todo sistema de hipertexto e hipermídia que reflita algumas características de seus diferentes usuários em modelos e aplique tais modelos na adaptação de aspectos visíveis do sistema às necessidades e desejos de cada usuário. Conforme esta definição SHA devem satisfazer três critérios básicos:

- ser um sistema hipertexto ou hipermídia;
- possuir um modelo do usuário;
- ser capaz de adaptar a hipermídia usando tal modelo.

A Figura 2.1 representa a visão do ciclo clássico de adaptação de um sistema ao modelo do usuário. O Sistema de Hipermídia Adaptativa coleta informações sobre o usuário (expectativas, preferências, conhecimentos, histórico de navegação, tipo de deficiência). Tais informações são utilizadas na formação e atualização do modelo do usuário, sendo armazenadas conforme regras de modelagem. Com base nos novos dados e em regras de adaptação, é produzido o efeito adaptativo que promoverá a adaptação da apresentação e/ou navegação de conteúdo.

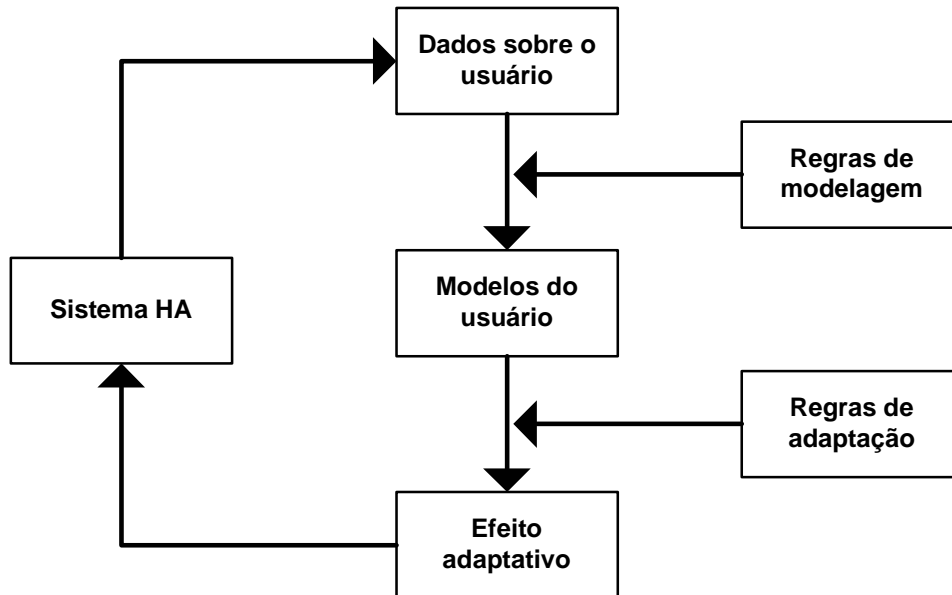


Figura 2.1: Ciclo clássico de adaptação de um sistema ao modelo do usuário - adaptada de Palazzo (2000).

A HA ao lidar com modelos do usuário acrescenta uma notável contribuição à universalização do acesso, na medida que propõe métodos e técnicas capazes de efetivamente modelar os perfis de usuários, visando oferecer personalização individual conforme suas necessidades.

SHA são úteis quando existe a necessidade de disponibilizar informações aos usuários de forma seletiva e contextual, uma vez que estes possuem diferentes objetivos e níveis de conhecimento (PALAZZO, 2000). Entre os principais usos da HA encontram-se os sistemas de recomendação, sistemas colaborativos e corporativos, gestão do conhecimento, sistema de recuperação da informação, comércio eletrônico, ensino a distância adaptativo, Web semântica, sistemas ubíquos e cientes de contexto (ALVES, 2008).

2.2 Arquitetura de Sistemas de Hipermídia Adaptativa

SHA são formados por alguns componentes fundamentais, a saber (PALAZZO, 2004):

- Fonte de hipermídia, que contém todo e qualquer conteúdo disponível para a apresentação ao usuário (textos, áudios, vídeos, animações, imagens), incluindo não somente os itens de informação, mas também os relacionamentos entre eles;

- Base de modelos do usuário, responsável por armazenar todas as características dos usuários do sistema que são relevantes para o processo de adaptação, como preferências, conhecimentos, histórico de navegação e tipo de deficiência;
- Mecanismo de adaptação, responsável por definir qual mídia (texto, áudio, vídeo, animação, imagem) será utilizada para apresentação do conteúdo; e
- Interface adaptativa, responsável por adaptar todo e qualquer tipo de hipermídia e hipertexto disponível e buscar as características do usuário.

Estes componentes atuam em estreita dependência, conforme visto na Figura 2.2.

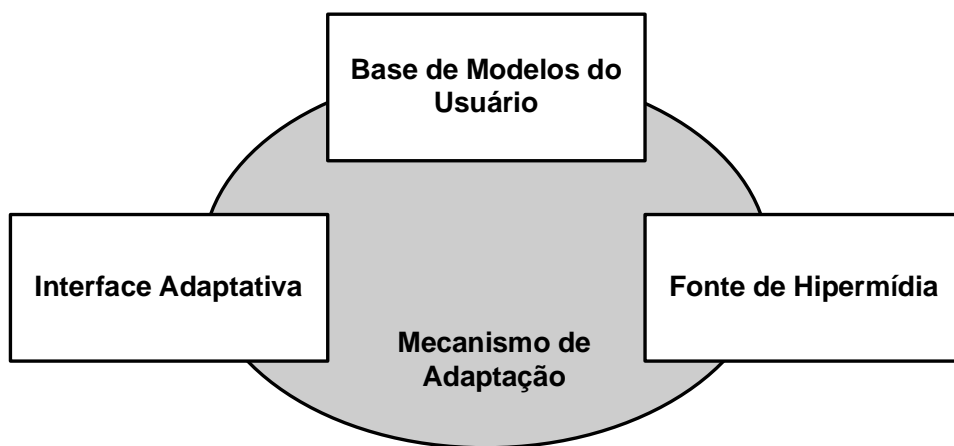


Figura 2.2: Componentes principais de SHA - adaptada de Palazzo (2004).

A adaptação do sistema se constrói a partir das informações do usuário armazenadas no modelo do usuário. Suas preferências de acesso são carregadas, permitindo ao sistema construir a estrutura básica da interface adaptativa. Esta atualiza-se a cada nova sessão com a inferência de novos *links* e o compartilhamento do conhecimento, sendo então preenchida com conteúdos selecionados da fonte de hipermídia disponibilizada pelo administrador.

A interação do usuário com o sistema é realizada por meio da interface adaptativa que executa dois processos de grande importância: (1) a apresentação de conteúdos e/ou *links* adaptados conforme modelo do usuário e (2) a coleta de informações relevantes para manter tal modelo atualizado. Assim, a interface necessita oferecer alto grau de interatividade, possibilitando ao usuário ampla expressividade, isto é, capacidade de comunicar-se com o sistema e interagir com ele. O estilo de apresentação da interface deve se aproximar continuamente das preferências do usuário ajudando-o a realizar suas tarefas de maneira agradável e eficiente (BARBOSA, 2004).

2.2.1 Modelo do Usuário

A personalização de SHA requer um ambiente hiperídia preparado dinamicamente e adequado às necessidades, preferências e/ou características individuais. Para tanto, o sistema deve ser concebido a partir de um modelo do usuário capaz de armazenar as características necessárias à formatação do ambiente (OBREGON, 2009).

Em termos gerais, o modelo do usuário é o principal recurso usado para armazenar toda e qualquer característica dos usuários que possa influenciar as decisões de perfil e comportamento determinadas pelos SHA. Ele é responsável pelas seguintes tarefas (ARAGAO, 2004):

- identificar as informações significativas;
- armazenar as informações em um sistema de representação apropriado;
- manter a consistência do conjunto de suposições correntes; e
- suprir outros componentes do sistema com suposições sobre os usuários.

O modelo do usuário representa o estado mental dos indivíduos que acessam o sistema, sendo usado para decidir como realizar a adaptação. Assim, pesquisas em modelagem do usuário mostram-se particularmente úteis para aplicações que oferecem adaptações automáticas para perfis de indivíduos.

As informações consideradas para construção de um modelo do usuário podem ser divididas em três categorias (STASH, 2007):

- Dados do usuário: referente as informações sobre características individuais dos usuários, tais como: preferências, nível de conhecimento, expectativas e tipo de deficiência;
- Dados de utilização: informações relacionadas ao comportamento interativo do usuário. Exemplos são: ações seletivas (*click* sobre um *link*, operações de controle de áudio), visualização do comportamento temporal (usuários são solicitados a avaliarem objetos, *links* e páginas Web);
- Dados do ambiente: comprimem aspectos do ambiente do usuário, a saber: tamanho e número de cores disponíveis na tela do dispositivo, poder computacional, plataforma de navegação, velocidade do link de acesso, localização espaço-temporal do usuário.

As características do usuário, necessárias para se produzir a adaptação, podem ser capturadas de várias fontes como: dados cadastrais, integração de informações parciais em bases

de dados, entrevistas e registros em sistemas de informação, compartilhamento de dados de perfis em repositórios de dados e navegação observada do usuário na utilização do sistema.

Modelos do usuário geralmente são classificados de duas formas:

- Modelos por estereótipo: usuários são modelados segundo estereótipos ou perfis típicos predefinidos. Os usuários são atribuídos a grupos de usuários com características comuns, pois se pressupõe que há um padrão comum entre os membros de cada grupo. Um usuário designado a um estereótipo herda todas as propriedades daquele tipo. Cada estereótipo está associado a condições de ativação, que possibilitam identificar quando um usuário pertence a determinado perfil. Esta técnica é indicada para a modelagem de grupos (STASH, 2007).
- Modelos por sobreposição conceitual: para cada item de informação da fonte de hipermídia, o modelo de sobreposição conceitual guarda algum valor que é uma estimativa do nível de conhecimento do usuário sobre este item. Tal modelo é descrito por meio de um conjunto de pares “conceito-valor”, um para cada item de informação da fonte de hipermídia. Os valores podem ser binários (conhecido - não conhecido), qualitativos (bom - médio - fraco) ou quantitativos (exemplo, probabilidade do usuário conhecer o conceito) (ALVES, 2008).

É importante salientar que o modelo do usuário deve evoluir ao longo da interação do usuário com o sistema, tornando a adaptação mais precisa, possibilitando sua evolução gradativa e com respostas rápidas ao longo do tempo.

2.3 O que pode ser Adaptado na Hipermídia Adaptativa

De modo geral, um sistema hipermídia é constituído por um conjunto de nodos ou hiperdocumentos conectados por *links*. Cada nodo contém alguma informação local e *links* para outros nodos relacionados. A adaptação pode ocorrer ao nível do conteúdo dos nodos ou ao nível dos *links*. Estes dois níveis representam duas classes diferentes de adaptação em hipermídia adaptativa, caracterizando o primeiro a apresentação adaptativa e o segundo a navegação adaptativa (BRUSILOVSKY, 2001).

2.3.1 Apresentação Adaptativa

A apresentação adaptativa consiste na modificação de conteúdo de acordo com os conhecimentos, preferências, objetivos, e outras características pertencentes a cada usuário. Por exemplo, ao usuário iniciante pode-se oferecer informações adicionais assim como ocultar determinados conteúdos, enquanto um usuário experiente terá acesso a informações mais específicas e detalhadas.

O principal benefício da apresentação adaptativa é tentar reduzir a quantidade de informação apresentada, fornecendo as informações relevantes para cada usuário particular. No caso de textos, isso se dá a nível de recortes e atributos de texto que são adaptativamente selecionados para apresentação. No que tange à apresentação de objetos multimídia a adaptação consiste na seleção de um meio específico (vídeo, áudio, animação) para apresentar determinado conteúdo (PERNAS et al., 2009). Os seguintes métodos podem ser aplicados na apresentação adaptativa (PALAZZO, 2000):

- Explicação adicional: consiste em ocultar do usuário alguma parte da informação sobre um certo conceito que não é relevante para seu nível de conhecimento ou interesse, ou prover informações adicionais, aplicações, exemplos, entre outros;
- Explicação requerida: induz uma ordenação dos conteúdos ao usuário, de forma que a informação precedente é pré-requisito para a posterior. Assim, ao apresentar a explicação de um conceito, o sistema oferece a explanação de todos os conceitos requeridos para seu entendimento.
- Explicação comparativa: utiliza similaridade para comparação de conceitos. Se um conceito similar ao conceito que está sendo apresentado é conhecido, o usuário recebe uma explicação comparativa, realçando as semelhanças e diferenças entre os conceitos;
- Explicação variante: variantes do conteúdo de uma página são apresentadas ao usuário de acordo com o seu modelo de usuário, como por exemplo, um texto com ou sem termos técnicos, ou então um conteúdo apresentado em um tipo de mídia diferente;
- Classificação de fragmentos: ordena fragmentos de informação do conceito passando para o usuário as partes mais relevantes para os mesmos.

Esses métodos podem ser implementados por meio de técnicas. Estas são empregadas

em SHA por intermédio de regras adaptativas que alteram a estrutura da apresentação a partir das características apresentadas pelo usuário. Koch (2000) destaca as seguintes técnicas:

- **Texto condicional:** o texto é dividido em partes menores, que podem ser fragmentos de texto ou fragmentos de conteúdos multimídias. Cada fragmento é associado a uma ou mais condições relacionadas a elementos do modelo do usuário. O sistema mostra apenas os fragmentos que tiveram suas condições satisfeitas. Esta técnica é também conhecida como inserção/remoção de fragmentos;
- **Stretchtext:** *stretchtext* é um tipo especial de hipertexto onde os *links* podem ser expandidos para seus conteúdos ou concentrados em uma palavra-chave. Também é possível apresentar ou ocultar condicionalmente porções de texto de acordo com o nível de conhecimento do usuário;
- **Páginas variantes:** consiste em armazenar variações de páginas para cada conceito, descrevendo-as de maneiras diferentes, cada uma delas adequada a uma certa classe de usuários. Em cada página podem existir vários fragmentos, com diversas variantes, sendo então instanciada a combinação que melhor satisfaz as características do usuário;
- **Frame-based approach:** as informações são exibidas em um frame que pode ser mostrado, ocultado, apresentado alternativamente ou em ordem, seguindo regras para decidir quais frames serão exibidos.

2.3.2 Navegação Adaptativa

A navegação adaptativa auxilia os usuários a encontrarem caminhos no hiperespaço por meio da adaptação da forma de apresentação dos *links* na rede hiperímia, de forma que o usuário pode ser guiado às informações interessantes para ele. Isto significa classificar, priorizar, ocultar, anotar e identificar a semântica dos *links*, visando produzir meios de orientar o usuário rumo à informação desejada. A idéia fundamental é simplificar a estrutura de *links* para reduzir os problemas de orientação do usuário, mas mantendo a liberdade de navegação característica das hiperímias. Os principais métodos de apoio à navegação adaptativa são (KOCH, 2000):

- **Condução global:** ocorre quando os usuários possuem algum objetivo global de informação que se encontra em um ou mais nodos que estão em algum lugar do hiperes-

paço e são “conduzidos” pelo sistema nesta direção. O objetivo deste método é ajudar o usuário a encontrar o caminho mais curto para a informação que ele deseja, com possíveis desvios minimizados.

- Condução local: semelhante a condução global. Enquanto a condução global preocupa-se com a sequência de *links* que conduzem ao objetivo desejado, a condução local ocupa-se de um único passo e tenta sugerir ao usuário o próximo *link* a ser seguido.
- Apoio à orientação global: consiste em auxiliar o usuário a entender o seu posicionamento no hiperespaço como um todo. Indica as partes relevantes do hiperespaço para navegar, aquelas que já foram visitadas e aquelas que continuam indisponíveis ao usuário;
- Apoio à orientação local: semelhante à orientação global. Enquanto na orientação global é apresentada ao usuário toda a estrutura do hiperespaço, na orientação local o usuário vê apenas uma pequena parte do hiperespaço, apresentando um ou dois níveis acima ou abaixo da página corrente.

Dentre as técnicas que coexistem com os métodos da navegação adaptativa, podem ser destacadas as seguintes (PALAZZO, 2000):

- Orientação direta: consiste em decidir, em cada ponto da navegação, qual o próximo melhor nó a ser visitado, de acordo com as informações representadas no modelo do usuário.
- Classificação: consiste em classificar todos os *links* de uma página conforme modelo do usuário, dispondo *links* mais relevantes mais próximos do topo.
- Ocultação: os *links* para os nós não relevantes são ocultados, restringindo assim o espaço de navegação. Tal técnica protege os usuários da complexidade do hiperespaço irrestrito, reduzindo sua sobrecarga cognitiva.
- Anotação: a idéia básica é aumentar a informação presente nos *links* com alguma forma de anotação ou comentário que possa dizer mais sobre o estado corrente dos nós a que se conectam. Esta informação adicional pode ser oferecida sob a forma de texto ou sob a forma de indicadores visuais, tais como: ícones especiais, cores ou tamanho dos caracteres.

- Geração de links: consiste na criação de novos *links* nas páginas, não definidos durante a construção das hipermídias. A geração de *links* pode incluir: descoberta de novos *links* úteis entre documentos e adicioná-los permanentemente ao conjunto de *links* existentes; geração de *links* a partir da similaridade de navegação entre itens; e a recomendação dinâmica de *links* relevantes;
- Adaptação de mapas e índices: busca adaptar a forma dos mapas hipermídia apresentados ao usuário (representações gráficas do hiperespaço como uma rede de nós conectados por *links*) as suas características.

Os métodos e técnicas para as duas classes de adaptação são aplicados em SHA conforme o modelo do usuário.

2.4 Modelos de Referência para Hipermídia Adaptativa

Um modelo de referência provê um *framework* para expressar a funcionalidade de qualquer SHA (AMARAL, 2008). Segundo Koch (2000), um modelo de referência identifica abstrações comuns existentes nos SHA e modulariza essas abstrações, otimizando o processo de projeto e implementação. Seus principais objetivos são: capturar abstrações importantes encontradas nas aplicações de HA; descrever conceitos básicos, tais como a estrutura de *links* para tais sistemas; oferecer uma base para comparar sistemas; e desenvolver um padrão. Além disso, um modelo de referência descreve os componentes e as linguagens descritivas utilizadas nos SHA. Esta Seção apresenta um panorama da evolução dos seguintes modelos de referência: Dexter, AHAM e Munich.

2.4.1 Dexter

Foi o primeiro modelo de referência conceituado, desenvolvido tendo como base sistemas hipertexto. Embora não contemplasse a adaptatividade em sistemas hipermídia, serviu de base para os modelos atuais. O modelo Dexter divide o sistema em três camadas (HALASZ; SCHWARTZ, 1994):

- Camada de execução: abrange a camada de interação com o usuário, onde o hipertexto é apresentado. Apresenta ferramentas para acesso, visualização e manipulação do sistema hipertexto.

- Camada de armazenamento: descreve a rede que forma a hipermedia com seus nodos e *links*.
- Camada interna aos componentes: contém o conteúdo e a estrutura dos componentes envolvidos na rede do hipertexto.

A Figura 2.3 apresenta o esquema gráfico da arquitetura do modelo Dexter.

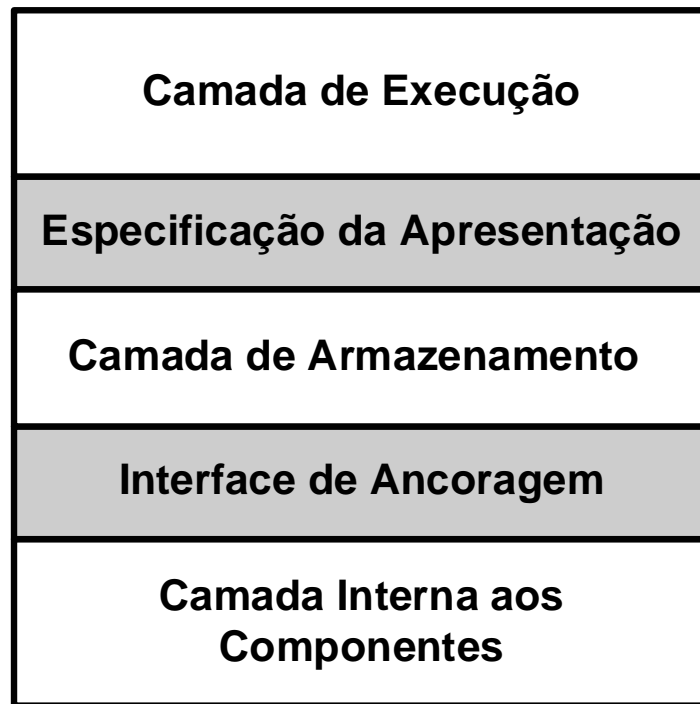


Figura 2.3: Arquitetura do modelo Dexter - adaptada de Halasz e Schwartz (1994).

Conforme a Figura 2.3, essas camadas trocam informações entre si por intermédio da interface de especificação da apresentação e da interface de ancoragem. A especificação da apresentação é a interface entre as camadas de armazenamento e execução, ela passa informações para a camada de execução, apresentando o componente ao usuário. Já a interface de ancoragem, que fica localizada entre a camada de armazenamento e a camada interna aos componentes, é crítica e examina o mecanismo de endereços de localização ou itens dentro do conteúdo de cada componente individual (TAKIKAWA, 2010).

O foco deste modelo é a camada de armazenamento. Esta camada descreve uma base de dados composta por uma hierarquia de componentes que se interconectam por meio de *links* relacionais. Os componentes correspondem aos nodos, contendo textos, áudios, vídeos, animações e imagens.

2.4.2 AHAM

O modelo *Adaptive Hypermedia Application Model* (AHAM) (BRA; HOUBEN; WU, 1999) é uma extensão do modelo Dexter. Seu grande diferencial em relação ao modelo Dexter foi a adição de um modelo do usuário à camada de armazenamento. O AHAM divide a camada de armazenamento em três partes, a saber:

- Modelo de domínio: descreve a estrutura do conteúdo da aplicação. Contempla a visão dos autores sobre o domínio da aplicação.
- Modelo do usuário: descreve as características do usuário usadas na adaptação.
- Modelo de aprendizado: oferece as bases para a funcionalidade adaptativa. Contém um conjunto de regras de adaptação que servem para modificar o conteúdo e a estrutura de navegação de acordo com o modelo do usuário e o modelo de domínio.

A Figura 2.4 representa a arquitetura de tal modelo.

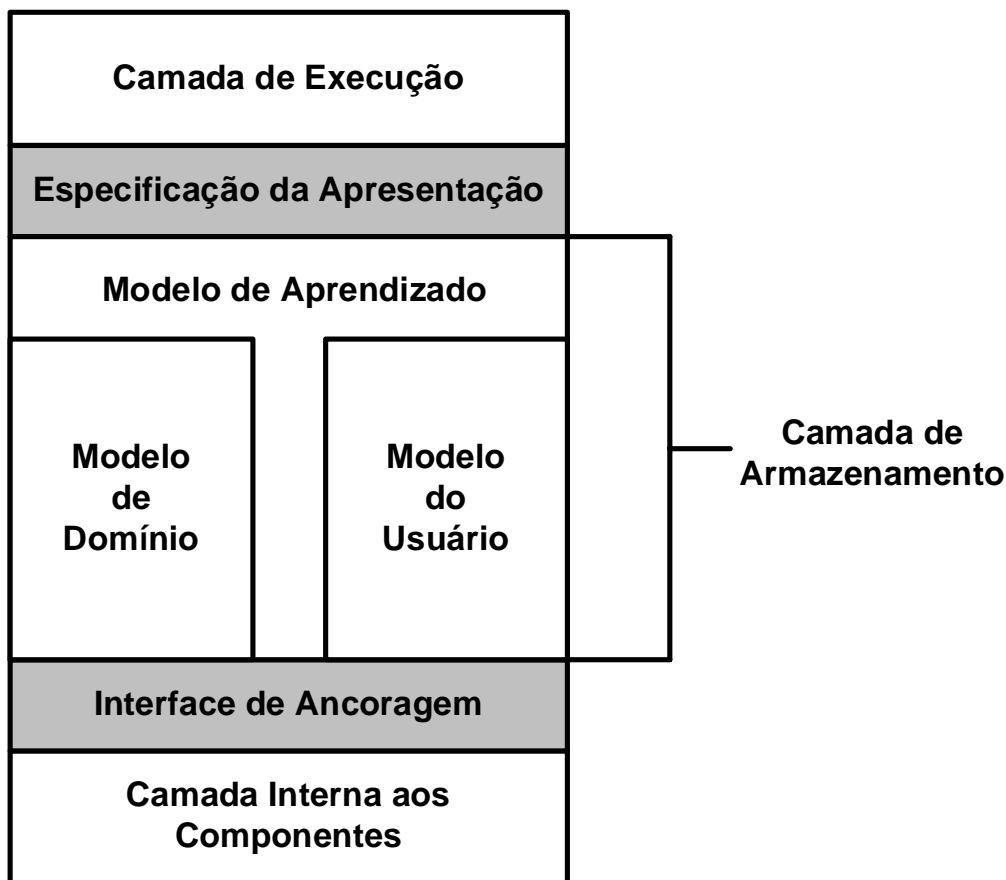


Figura 2.4: Arquitetura do modelo AHAM - adaptada de Bra, Houben e Wu (1999).

A arquitetura do AHAM tem como foco o modelo do usuário, o qual é utilizado para alterar as informações presentes no modelo de domínio a partir de regras adaptativas.

O AHAM descreve as características de aplicações hiperfídia em nível conceitual e não em nível de implementação. A construção de páginas e as técnicas utilizadas para manipular *links* dependem da linguagem e dos recursos oferecidos pelo modelo de aprendizado (TAKIKAWA, 2010).

2.4.3 Munich

O Munich é um modelo de referência desenvolvido especificamente para SHA (KOCH, 2000). Possui as mesmas três camadas do Dexter, com a inclusão na camada de armazenamento dos metamodelos de domínio, usuário e adaptação, mantendo as interfaces de apresentação e ancoragem.

A Figura 2.5 mostra a arquitetura básica do modelo de Munich.

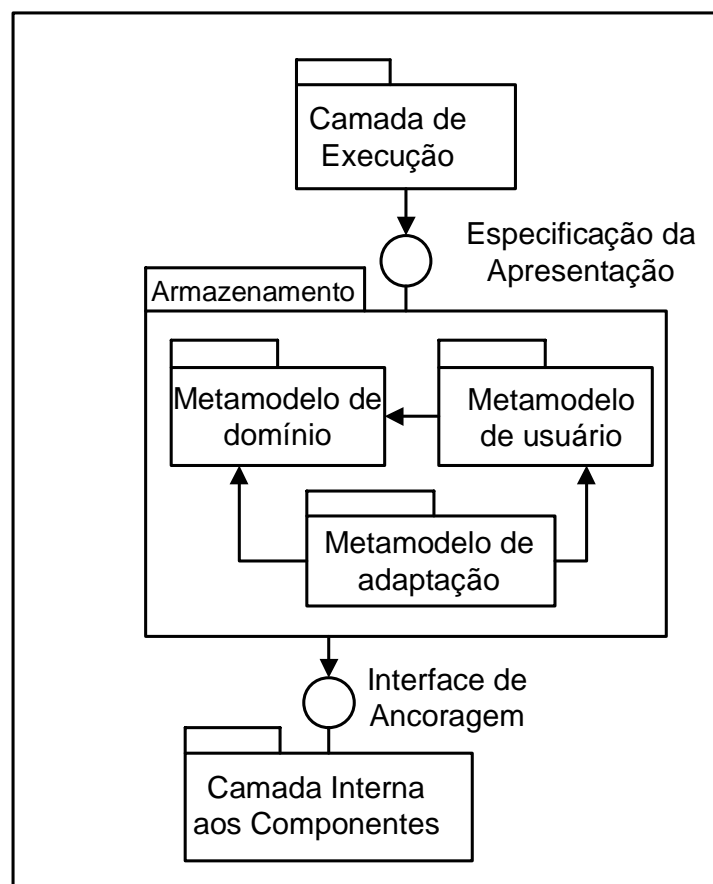


Figura 2.5: Arquitetura do modelo Munich - adaptada de Koch (2000).

Os metamodelos da camada de armazenamento são descritos a seguir:

- Metamodelo de domínio: gerencia as estruturas básicas da rede do sistema hiperídia. Seu foco é a relação dos sites e a estrutura de navegação entre eles;
- Metamodelo de usuário: gerencia um conjunto de usuários representados por seus atributos que são classificados como dependentes ou independentes do domínio;
- Metamodelo de adaptação: conjunto de regras para implementar a adaptação dinamicamente.

O Munich proporciona a aquisição dinâmica do comportamento do usuário, bem como a adaptatividade dinâmica com base em regras especificadas na camada de execução (AMARAL, 2008).

O modelo Munich contempla regras, funcionalidades e utiliza terminologias gerais, para que se possa implementar a adaptação em SHA, independente da área de aplicação. Seu foco é a descrição visual dos modelos desenvolvidos por meio da *Unified Modeling Language* (UML) (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2005). O uso da UML no modelo Munich integra um processo de modelagem e desenvolvimento mais amplo, denominado *UML-based Web Engineering* (UWE). UWE inclui um método de projeto e de descrição do processo de desenvolvimento da aplicação adaptativa que cobre todo o seu ciclo de vida. Esta metodologia consiste na construção de seis modelos de análise e projeto, os quais são descritos abaixo e ilustrados na forma de pacotes UML na Figura 2.6 (KOCH, 2000).

- Modelo de casos de uso: responsável por identificar os atores que interagem com o sistema;
- Modelo de usuário: provê informação ao ambiente para que ele se adapte a cada usuário individualmente;
- Modelo conceitual: define a estrutura geral de conceitos e *links* que são acessados pelos usuários;
- Modelo de navegação: inclui um modelo do hiperespaço de navegação e um modelo de estrutura de navegação;
- Modelo de apresentação: define a estrutura estática (cor, fonte, formatações diversas) e a parte dinâmica que compõe as modificações que são originadas conforme modelo de adaptação;

- Modelo de adaptação: descreve as regras adaptativas que são responsáveis por tornar um sistema adaptativo.

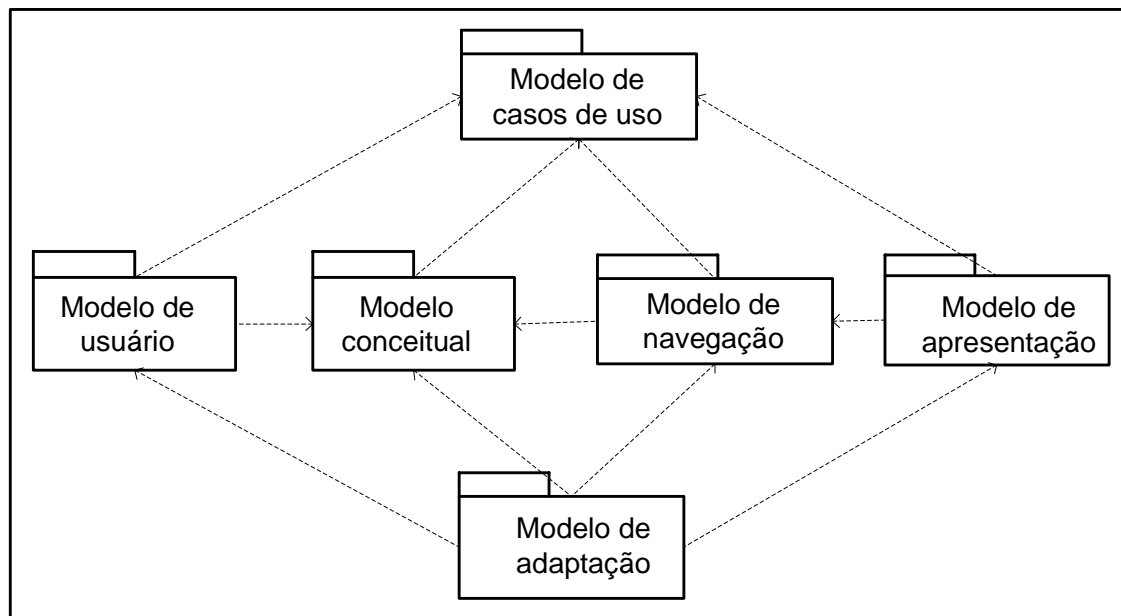


Figura 2.6: Modelos propostos pela UWE - adaptada de Koch (2000).

A UWE será melhor detalhada no Capítulo 5, quando servirá de base para modelagem de um Sistema de Hipermídia Adaptativa Acessível (SiPAAc) com informações sobre daltonismo.

Capítulo 3

Acessibilidade

Sistemas de Hipermídia Adaptativa visam a construção de uma sociedade onde cada indivíduo tenha as mesmas oportunidades de crescimento e vivência que seus pares. Nesse sentido, a democratização do acesso ao conhecimento passa pela construção de espaços digitais potencialmente inclusivos em cuja construção são consideradas as diretrizes de acessibilidade.

Este Capítulo apresenta conceitos relacionados a acessibilidade, com foco em acessibilidade na Web. A Seção 3.1 apresenta a definição e a importância da acessibilidade. Na Seção 3.2 são apresentados os benefícios alcançados pela promoção da acessibilidade na Web. Na Seção 3.3 é apresentado o conceito de Tecnologias Assistivas. Na Seção 3.4 é fornecida uma visão geral do guia WCAG 2.0 com suas recomendações, assim como são apresentados os componentes essenciais para a acessibilidade na Web. Por fim, a Seção 3.5 aborda a iniciativa brasileira quanto a criação de seu modelo de acessibilidade, o eMAG.

3.1 Introdução

Acessibilidade pode ser compreendida como a remoção das barreiras que impedem o acesso a serviços, produtos ou informações, permitindo a participação completa do indivíduo em atividades substantivas do dia-a-dia (MIRANDA et al., 2005). A Constituição de 1988 faz referência à acessibilidade, sendo confirmada nas Leis Federais 10.048 e 10.098 e consolidada pelo Decreto n.º 5.296, de 2 de dezembro de 2004, que a conceitua como:

possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços urbanos, mobiliários e equipamentos urbanos, edificações, os serviços de transporte e os dispositivos, sistemas e meios de comunicação e informação por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida (BRASIL, 2004).

A acessibilidade promove a participação social de todas as pessoas na sociedade por viabilizar o acesso e o uso de ambientes e equipamentos não disponíveis sem recursos específicos. Dessa forma, ela oferece autonomia ao indivíduo independente de sua capacidade motora, visual, auditiva, mental, cultural ou social.

A emergente e crescente utilização da internet e a popularização do uso de computadores proporcionou uma explosão informacional, o surgimento de um mundo galgado pela atuação das tecnologias da informação e comunicação. Essa evolução tecnológica tem imposto modificações em diversas áreas da atividade humana impulsionando-as a reconhecerem uma diversidade de sujeitos que, ao longo da história da humanidade, estiveram muitas vezes alijadas das práticas sociais (SONZA, 2008).

Diversas ferramentas oportunizam ao homem contemporâneo uma efetiva participação em espaços virtuais. No entanto, nem todas as pessoas têm possibilidade de acessar os recursos de hardware ou software que o mundo digital oferece, devido a limitações, que podem ser motoras, visuais, auditivas, mentais ou físicas.

Isso ocorre, em geral, em virtude do software ou mesmo do hardware serem desenvolvidos com base unicamente no padrão da pessoa não deficiente. Além disso, as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento de sistemas e sites, geralmente, não são suficientemente acessíveis, o que dificulta ou impossibilita aos indivíduos com deficiência darem a sua contribuição para a Web.

Dentre as principais barreiras encontradas por esse grupo de pessoas estão: imagens que não possuem textos alternativos; vídeos sem descrição textual ou sonora; *links* com descrição que não possui significado quando lido fora do contexto (por exemplo, “Clique aqui” ou “Saiba mais”); formulários sem sequência lógica ou com descrição confusa; fontes que não podem ser redimensionadas; uso abusivo de *scripts* (por exemplo, *Flash*); abertura excessiva de janelas, dentre outras (SONZA, 2008).

A garantia da equidade, na participação de todos os atores sociais, passa pelo reconhecimento da diversidade dos usuários e, com isso, pela modelagem de tempos e espaços digitais maleáveis e ajustáveis às necessidades dos indivíduos (CONFORTO; SANTAROSA; SONZA, 2008). Assim, a acessibilidade passa a referir-se à conquista da cidadania também no espaço virtual, no acesso à informação e ao conhecimento.

Conforme Ferreira, Santos e Silveira (2007) acessibilidade é o termo geral usado para indicar a possibilidade de qualquer pessoa usufruir todos os benefícios de uma vida em sociedade, entre eles, o uso da internet; a acessibilidade digital é mais específica e destina-se apenas ao acesso aos recursos computacionais; a acessibilidade na internet é o usufruto dos recursos da rede mundial de computadores; e acessibilidade na Web refere-se à possibilidade das pessoas perceberem, entenderem, navegarem e interagirem com a Web.

Segundo Cifuentes (2000), Caplan (2002) e Dias (2003), acessibilidade na Web significa que qualquer pessoa, usando qualquer tipo de tecnologia de navegação, seja por meio de navegadores gráficos, textuais, especiais para pessoas portadoras de necessidades especiais ou para sistemas de tecnologia móvel, deve ser capaz de visitar e interagir com qualquer site, compreendendo e acessando as informações nele contidas. Ela beneficia a todos democratizando e não discriminando ninguém com relação ao acesso à informação. Assim, propicia a inclusão e equiparação de oportunidades para todos, inclusive para pessoas idosas, usuários de navegadores alternativos, usuários de tecnologias assistivas e de acesso móvel.

O objetivo principal da acessibilidade na Web é permitir que qualquer usuário possa ter acesso à informação independente de deficiências ou de restrições tecnológicas (BACH, 2009). Não pode haver diferença entre a experiência de pessoas que dependam e a experiência de pessoas que não dependam de recursos de acessibilidade ao usar os mesmos recursos da Web (SLATIN; RUSH, 2003). Dessa forma, uma efetiva acessibilidade e inclusão digital acontecem quando o que antes era limitado torna-se abrangente e, portanto, contribui para incluir na sociedade todos os tipos de usuários, sejam eles pessoas com deficiência ou não.

É notória a discussão em esfera mundial de ações voltadas à promoção da inclusão escolar, inclusão nos espaços públicos e acessibilidade física, no entanto, em contradição a esse ambiente de calorosas discussões acerca do tema, verifica-se a carência de ações direcionadas a uma efetiva inclusão digital nos espaços virtuais. Só para se ter uma ideia, sites como Orkut¹, Twitter², FormSpring³, incorrem no erro de conceberem seus sistemas excluindo parcelas da diversidade humana, ao não projetarem seus produtos conforme as diretrizes de acessibilidade. Como exemplo, o Orkut impossibilita usuários com deficiência visual postarem *links*, sejam em recados ou postagens, uma vez que os códigos antispams

¹Disponível em <http://www.orkut.com>

²Disponível em <http://twitter.com>

³Disponível em <http://http://www.formspring.me/>

que precisam ser digitados não podem ser lidos por leitores de tela.

3.2 Benefícios da Acessibilidade

De forma geral, um site acessível é aquele que é compreendido por todo o público a que é destinado (RESENDE; VITAL, 2008). Um ambiente acessível traz benefícios sociais, técnicos, financeiros, políticos e legais.

Na esfera social, uma Web acessível possibilita a qualquer indivíduo acessar informações em condições de igualdade. No aspecto técnico, a adoção de padrões visando a promoção da acessibilidade resulta na separação entre a estrutura da página escrita em *Hypertext Markup Language* (HTML)⁴ e a apresentação da página escrita em *Cascading Style Sheets* (CSS)⁵. Tal separação facilita a manutenção das páginas pelos desenvolvedores assim como permite o acesso por meio de dispositivos diversos como celulares, *tablets*. Em relação ao mundo dos negócios, consumidores com deficiência (assim como quaisquer outros) são inclinados a realizar suas operações onde são bem-vindos. Além disso, *designs* acessíveis são mais fáceis de serem utilizados por qualquer usuário, independente de possuir ou não alguma limitação. Assim, páginas acessíveis acabam por ampliar o número de clientes em potencial. Quanto aos aspectos políticos e legais, muitas organizações desenvolvem sites acessíveis para atender a decretos de governo de seus respectivos países referentes à acessibilidade ou para atender a políticas internas de incentivo a acessibilidade que sejam da própria organização, de clientes ou de parceiros.

Em suma, um site acessível é indexado de forma mais rápida e precisa pelos mecanismos de busca, tem sua performance e navegabilidade melhorada, atinge cem por cento de seu público, agiliza e facilita sua manutenção.

3.3 Tecnologias Assistivas

Além dos computadores e seus periféricos (teclado, mouse, monitor), pessoas com deficiência para terem acesso às informações em meio digital, dependem especificamente de Tecnologias Assistivas (TA). TA designam quaisquer ferramentas, recursos ou processos

⁴Maiores informações em <http://www.w3.org/html/wg/>

⁵Maiores informações em <http://www.w3.org/Style/CSS/>

que contribuam para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com incapacidades ou deficiência e conseqüentemente promover-lhes uma vida mais independente, com mais qualidade e possibilidades de inclusão social (DENTZIEN, 2008). O propósito das Tecnologias Assistivas reside em ampliar a comunicação, a mobilidade, o controle do ambiente, as possibilidades de aprendizado, trabalho e integração na vida familiar, com os amigos e na sociedade em geral (SONZA, 2008).

No que diz respeito à acessibilidade na Web, TA se constituem de hardwares e softwares que permitem, ou simplesmente facilitam, o acesso de pessoas com deficiência aos recursos e conteúdos da Web. Estas tecnologias agem como uma forma de interface entre os conteúdos e informações disponíveis no computador e o usuário, durante as interações. Incluem-se nessa definição, portanto, mouses, monitores e teclados especiais, leitores e ampliadores de tela, sintetizadores de voz, dentre outras alternativas (IGNÁCIO, 2007). Nessa perspectiva, as tecnologias computacionais conquistam uma relevância social, ainda maior, em sua possibilidade de adaptar espaços virtuais às especificidades de seus usuários.

A contínua disseminação de conteúdo pela Web sem as diretrizes mínimas para prover acessibilidade constitui um grande problema. Isso, por exemplo, dificulta o trabalho de ferramentas como leitores de tela, que convertem o conteúdo em uma forma alternativa de mídia que seja mais facilmente visualizada e interpretada, durante as interações de saída de informações do computador para o usuário (WATANABE, 2010). Esse procedimento é ilustrado na Figura 3.1. Esta Figura ilustra o uso de uma tecnologia assistiva por um usuário com deficiência visual. O usuário é incapaz de ler ou enxergar os conteúdos visuais apresentados no computador. Dessa forma, a tecnologia assistiva narra o conteúdo disponível, para que o usuário com baixa acuidade visual possa interagir com o computador.



Figura 3.1: Uso do leitor de tela como exemplo de tecnologia assistiva. Fonte: Watanabe (2010).

A preocupação com as características dos usuários, mais especificamente com suas deficiências, possui também um impacto relacionado à sua inclusão social, por meio do seu acesso à informação e utilização de serviços que possam ser disponibilizados na Web. Nesse sentido, torna-se imperativo esforços no sentido de promover a definição e utilização de padrões de acessibilidade para o projeto de sistemas Web no intuito de incluir os cidadãos com deficiência na sociedade da informação e do conhecimento.

3.4 Diretrizes de Acessibilidade

Buscando a inclusão digital e a promoção de uma consciência em favor da acessibilidade ao espaço virtual, o *World Wide Web Consortium* (W3C) (W3C, 2005), órgão internacional sem fins lucrativos que visa conduzir a Web ao máximo de seu potencial, criou o grupo de pesquisa e desenvolvimento *Web Accessibility Initiative* (WAI)⁶. Este é incumbido de elaborar diretrizes e materiais para divulgar ao mundo uma Web acessível. As recomendações referentes a promoção da acessibilidade ao conteúdo Web, propostas pelo WAI, estão contidas no documento *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) (WCAG, 2008), que encontra-se em sua versão 2.0. Este é o principal guia de acessibilidade e preconiza o desenvolvimento de páginas para a Web a partir da perspectiva do usuário que:

- não tenha capacidade de ver, ouvir ou deslocar-se, ou com grandes dificuldades ou mesmo impossibilidade de interpretar certos tipos de informações;
- não tenha acesso a teclado ou mouse ou não seja capaz de utilizá-los;
- tenha um navegador que somente apresenta texto, monitor de dimensões reduzidas ou conexão muito lenta com a internet;
- não tenha domínio ou fluência na língua em que foi desenvolvido o conteúdo da página;
- tenha os olhos, ouvidos ou mãos ocupados ou solicitados de outro modo;
- tenha uma versão mais antiga de um navegador ou um navegador diferente dos habitualmente utilizados.

O WCAG 2.0 define quatro princípios e doze diretrizes que servem como orientação no desenvolvimento de um site acessível. A Tabela 3.1 apresenta as diretrizes propostas na

⁶Disponível em <http://www.w3.org/WAI/>

versão 2.0 do WCAG dispostas em relação a cada princípio ao qual fazem parte.

Princípios	Diretrizes
1. Perceptível	1.1 Prover textos alternativos para elementos não-textuais que possam ser alterados pelos usuários em situações como: aumento do tamanho da fonte, braile, fala, símbolos ou em uma linguagem mais simples.
	1.2 Prover de modo sincronizado acesso a outros tipos de multimídias.
	1.3 Fornecer ao usuário um conteúdo representado em diferentes formatos sem a perda de informação ou estrutura.
	1.4 As pessoas com deficiências devem ouvir e visualizar o conteúdo, inclusive separando a apresentação do conteúdo da estrutura de fundo da página.
2. Operável	2.1 Todas as funções de uma página devem também ser acessadas via teclado.
	2.2 Prover tempo suficiente para que usuários leiam e utilizem o conteúdo.
	2.3 Não disponibilizar flashes repetidas vezes que causam desconforto aos usuários e até ataques de epilepsia.
	2.4 Prover formas de ajudar o usuário a navegar, localizar conteúdos e determinar onde se encontra.
3. Compreensível	3.1 O conteúdo deve ser legível e compreensível.
	3.2 As páginas Web devem aparecer e operar de forma previsível.
	3.3 Orientar o usuário a prevenir e corrigir erros.
4. Robustez	4.1 Maximizar de forma contínua a compatibilidade com <i>user agents</i> e com as tecnologias assistivas.

Tabela 3.1: Princípios e diretrizes propostos pelo WAI. Fonte: WCAG (2008).

Cada diretriz possui pontos de verificação e esses tem um nível de prioridade associado. O WCAG possui três níveis de prioridade (WCAG, 2008): o nível 1 refere-se as exigências básicas de acessibilidade, sendo composto por diretrizes que se não forem implementadas impossibilitarão o acesso ao conteúdo Web para um ou mais grupos de usuários; o nível 2 é formado por diretrizes que se não forem realizadas dificultarão o acesso ao conteúdo Web para alguns grupos de usuários e; por fim, o nível 3 abrange as recomendações que se não forem cumpridas, poderão dificultar o acesso ao conteúdo armazenado na Web para alguns grupos de usuários.

Para indicar conformidade às recomendações, existem os níveis de conformidade A, AA ou AAA. O nível A indica que todas as recomendações de prioridade 1 foram satisfeitas; o nível AA significa que todas as recomendações de nível 1 e 2 foram atendidas; já o nível AAA indica que todas as recomendações de prioridade 1, 2 e 3 foram cumpridas. Quanto maior o nível de conformidade, maior é o grau de dificuldade para a programação da página Web.

Como exemplo, apresenta-se a diretriz 3.1 que é subdividida em seis tópicos que são classificados de acordo com os níveis de conformidade (WCAG, 2008):

- 3.1.1 Linguagem da página: deve ser previamente determinada (nível A).
- 3.1.2 Linguagem de certas partes do texto: diferentes trechos apresentados em línguas diferentes devem ser determinados pela programação da página, exceto nomes próprios, termos técnicos, palavras de linguagens indeterminadas e palavras ou frases incorporadas à língua utilizada no texto (nível AA).
- 3.1.3 Palavras incomuns: um mecanismo deve ser definido para identificar palavras de uso incomum como expressões idiomáticas e jargões (nível AAA).
- 3.1.4 Abreviações: elaborar um mecanismo que permita a expansão do significado da abreviação (nível AAA).
- 3.1.5 Níveis de leitura: disponibilizar conteúdos para diferentes níveis de leitura que os usuários possam (nível AAA).
- 3.1.6 Pronúncia: identificar palavras que possuam significados ambíguos (nível AAA).

Ao final de sua especificação, o WCAG apresenta técnicas de linguagem de programação acompanhadas de seus respectivos exemplos. Isso possibilita que leitores, sejam eles leigos ou especialistas, iniciem seus estudos com base nas doze diretrizes e ampliem seus conhecimentos por meio de um aprofundamento nas recomendações explicitadas em tal guia.

Estes princípios e diretrizes elaborados pelo WAI procuram orientar o desenvolvimento de Web sites acessíveis de forma transparente, de modo que usuários que não possuam algum tipo de deficiência acessem as informações e o *layout* sem amplas modificações (KAMINSKI, 2008). Tais diretrizes vão ao encontro de uma interface voltada para o design universal.

Design universal (CUD, 2008) são princípios essenciais para que todas as pessoas utilizem produtos ou tecnologias sem que para isso seja necessário alterar o *design*. Em outras palavras, design universal refere-se a aplicação de princípios capazes de garantir o desenvolvimento de ambientes, programas, serviços, e tecnologias acessíveis, utilizáveis equitativamente, de forma segura e autônoma por todas as pessoas, na maior extensão possível, sem a necessidade de serem adaptadas ou readaptadas (SONZA, 2008). Seu propósito é atender as necessidades e viabilizar a participação social e acesso aos bens e serviços à maior gama possível de usuários, contribuindo para a inclusão. Nessa perspectiva, um sistema computacional desenvolvido seguindo os princípios do design universal disponibiliza informações

sem estigmatizar alguns usuários e ainda possui *design* atraente a todos. Isso permite que os indivíduos consigam acessar os recursos disponíveis na internet sem que limitações, como um acesso discado ou um navegador antigo, impossibilite a assimilação da informação.

Além do WCAG, existem guias específicos como *Authoring Tool Accessibility Guidelines* (ATAG) e o *User Agent Accessibility Guidelines* (UAAG). O ATAG (ATAG, 2009) explica como desenvolver softwares que são usados para criar sítios acessíveis para pessoas com incapacidades, e como fazê-los suportar a produção de sítios acessíveis. O UAAG (UAAG, 2009) orienta os desenvolvedores a construírem navegadores e *media players* acessíveis para pessoas com incapacidades e como fazê-los de forma compatível com as tecnologias assistivas. Essas recomendações juntas fornecem soluções complementares, tendo por resultado a acessibilidade por completo. A Figura 3.2 ilustra os componentes por onde um conteúdo Web transita até chegar a um usuário ou a um *web designer*. Estes componentes abrangem:

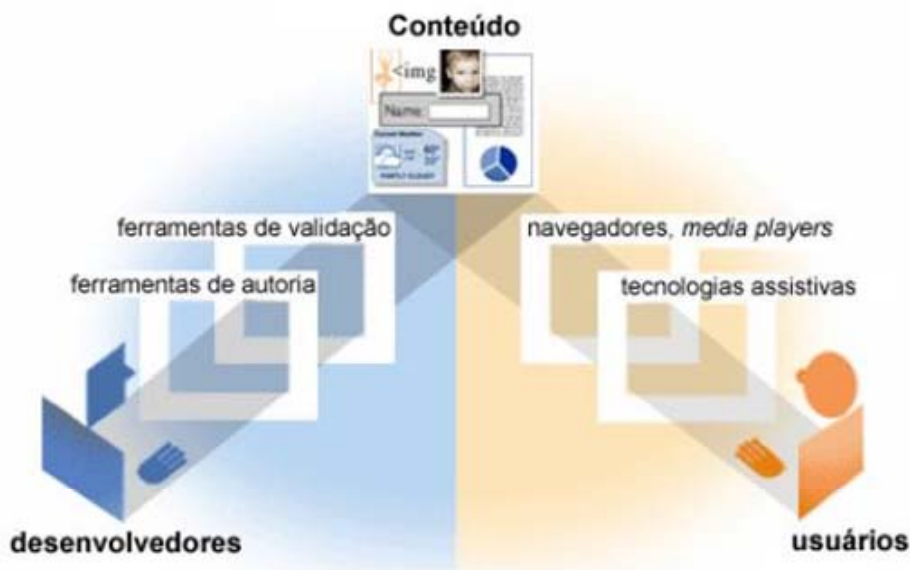


Figura 3.2: Componentes essenciais para uma Web acessível. Fonte: W3C (2005).

- Conteúdo: informação contida em uma página ou aplicação Web, compreendendo:
 - Informação propriamente dita como textos, áudios, vídeos, animações e imagens;
 - Código ou marcação que define estrutura e apresentação.
- Navegadores Web, *media players*, e outros agentes de usuário;
- Tecnologias assistivas: leitores de tela, teclados alternativos e softwares de varredura;

- Conhecimentos dos usuários, experiências e em alguns casos estratégias adaptadas para uso da Web;
- Ferramentas de validação: ferramentas de aperfeiçoamento da acessibilidade à Web, validadores de HTML e validadores de CSS;
- Ferramentas de autoria: software para criação de Web sites;
- Desenvolvedores (projetistas, programadores e autores), incluindo desenvolvedores com deficiência.

Segundo recomendações do W3C, após o desenvolvimento de um site, testes devem ser realizados para avaliar e verificar se a página está acessível. A avaliação efetiva requer uma combinação de testes automáticos e manuais por pessoas com experiência e conhecimento dos guias de acessibilidade. Métodos automáticos geralmente são rápidos, mas não são capazes de identificar todas as nuances da acessibilidade. Desse modo, a avaliação humana pode ajudar a garantir a clareza da linguagem e a facilidade de navegação.

Para a avaliação automática, existem ferramentas on-line que permitem verificar se um site está em conformidade com as diretrizes de acessibilidade. A avaliação com tais ferramentas permite verificar se as diretrizes foram seguidas ou até em que níveis foram implementadas. Para tanto basta informar a *Uniform Resource Locator* (URL) do site para que seja feita a avaliação correspondente.

Gomes (2010) apresenta um estudo comparativo entre 5 ferramentas para validação automática da acessibilidade na Web. Os pontos considerados para comparação foram: cobertura dos pontos de verificação conforme as recomendações do WCAG 2.0; capacidade de exibição de possíveis erros e avisos encontrados no código fonte; apontamento, no código fonte da página em avaliação, da linha correspondente ao problema detectado; e fornecimento de sugestões para resolução de problemas.

3.5 Acessibilidade à Web no Brasil

O Brasil idealizou um modelo de acessibilidade, o Modelo de Acessibilidade do Governo Eletrônico (eMAG), com o intuito de promover a inclusão digital e gerar oportunidades para todos, independente de suas limitações físico-motoras e perceptivas. Este modelo é a referência de toda instituição governamental para a construção e adaptação de suas soluções de governo eletrônico com interface Web.

O eMAG foi estruturado com base no estudo comparativo das regras de acessibilidade adotadas em diversos países e na análise detalhada das regras e dos pontos de verificação do WCAG 1.0 (EMAG, 2005). O eMAG possui uma visão própria e singular, com indicações simplificadas e prioridades adaptadas à realidade das necessidades brasileiras. Dessa forma, visando atender as prioridades brasileiras e mantendo-se atualizado ao que existe de mais atual no segmento, o eMAG foi implementado sob duas perspectivas, quais sejam:

- Visão técnica: cartilha de recomendações técnicas, fornecendo as orientações técnicas para o desenvolvimento e/ou adaptação de sítios eletrônicos;
- Visão do cidadão: arquitetura de segmentação da visão técnica, disponibilizando uma orientação mais intuitiva e lógica da visão técnica.

Enquanto a visão do cidadão preocupa-se com o entendimento para os cidadãos brasileiros em geral, a visão técnica contém informações em uma forma adequada para desenvolvedores de sítios e profissionais relacionados a essa tarefa.

As diretrizes técnicas de acessibilidade do governo eletrônico visam facilitar ao técnico a compreensão, a fixação e o domínio das recomendações propostas. O eMAG possui oito diretrizes e cada diretriz possui um conjunto de recomendações. As 8 diretrizes de acessibilidade do governo eletrônico são (EMAG, 2005):

- Diretriz 1: Forneça alternativas equivalentes para o conteúdo gráfico e sonoro;
- Diretriz 2: Assegure-se de que seu sítio seja legível e compreensível mesmo sem o uso de formatações;
- Diretriz 3: Dê preferência às tecnologias de marcação e formatação;
- Diretriz 4: Assegure-se de que toda a informação seja interpretada corretamente, com clareza e simplicidade;
- Diretriz 5: Assegure-se de que as tecnologias utilizadas funcionem - de maneira acessível - independente de programas, versões e futuras mudanças;
- Diretriz 6: Assegure sempre o controle do usuário sobre a navegação no sítio;
- Diretriz 7: Identifique claramente quais são os mecanismos de navegação;
- Diretriz 8: Em casos não contemplados nas diretrizes anteriores, utilize sempre recursos reconhecidos, por instituições com propriedade no assunto, como tecnologias acessíveis.

Não existe uma ordem de implementação para as diretrizes. O guia brasileiro adotou os mesmos três níveis de prioridade das recomendações estabelecidas pelo WCAG, a saber: a análise e a implementação das recomendações de nível 1 precedem as de nível 2, e estas precedem as de nível 3.

Para atender às necessidades da pluralidade de usuários, os Sistemas de Hipermídia Adaptativa tem que se adequar às diretrizes de acessibilidade. A aplicação criteriosa das recomendações preconizadas nos guias de acessibilidade, como o WCAG e o eMAG, torna os sistemas acessíveis, garantindo o acesso igualitário e autônomo a todas as pessoas, independente do seu hardware, software, infraestrutura de rede, idioma, cultura, localização geográfica e habilidades física ou mental. Nesse sentido, as características dos usuários devem ser consideradas para formação e manutenção de modelos do usuário, e por conseguinte para personalização das aplicações.

Capítulo 4

Mineração de Dados

A identificação dos interesses e necessidades dos usuários, permitem uma maior flexibilidade na geração de adaptações em Sistemas de Hiperfídia Adaptativa. Técnicas de mineração de dados podem ser utilizadas para formação e manutenção de modelos do usuário, os quais são utilizados no processo de adaptação de aplicações.

Este Capítulo apresenta uma contextualização sobre a área de mineração de dados, especificamente conceitos relacionados a mineração de dados da Web, em relação ao processo geral de Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados. A Seção 4.1 apresenta conceitos da mineração de dados. Na Seção 4.2 são abordados aspectos relativos a mineração de uso da Web importantes para este trabalho. A Seção 4.3 apresenta algumas técnicas de mineração de dados, dentre elas, a clusterização (ou agrupamento), técnica utilizada no SiPAAC desenvolvido.

4.1 Introdução

Um dos tópicos importantes de pesquisa em SHA é a formação e a manutenção de modelos do usuário, uma vez que a capacidade destes sistemas criarem ambientes personalizados depende principalmente da quantidade e precisão das informações armazenadas em cada um destes modelos. A quantidade de dados disponíveis, a adequação e o ruído dos dados, e a necessidade de captar a imprecisão do comportamento humano são algumas das dificuldades enfrentadas para a modelagem do usuário (MARTINEZ; CHEN; LIU, 2006).

Nesse contexto, a mineração de dados constitui-se em uma alternativa promissora. Segundo Meira et al. (2002) estratégias efetivas de personalização demandam a aplicação criteriosa e objetiva de técnicas de descoberta do conhecimento e mineração de dados, determi-

nando padrões de comportamento a partir de variadas fontes de dados, transformando esses padrões em serviços personalizados. Sendo assim, aplicando-se a mineração de dados é possível uma personalização onde os interesses e necessidades dos usuários serão considerados.

Em termos gerais, mineração de dados refere-se a um conjunto de técnicas e procedimentos que tentam extrair informações de nível semântico mais alto a partir de dados brutos, permitindo a análise de grandes volumes de dados para extração de conhecimento (SANTOS, 2009). É importante salientar que a mineração de dados é apenas uma das fases do processo denominado Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados (ou KDD, do inglês *Knowledge Discovery in Databases*). O KDD é definido como processo não-trivial de identificação de padrões válidos, novos, potencialmente úteis e compreensíveis em meio às observações presentes em uma base de dados (FAYYAD et al., 1996). Os passos do KDD são enumerados abaixo e ilustrados na Figura 4.1.

1. Compreensão do domínio da aplicação, do conhecimento prévio relevante e dos objetivos do usuário final do processo;
2. Criação de um conjunto de dados para uso no processo de descoberta por meio da seleção dos dados e/ou atributos relevantes (**Seleção**);
3. Limpeza e pré-processamento dos dados, remoção de ruídos e desvios, decisão de como proceder com atributos incompletos, normalização ou indexação de sequências temporais, extração de atributos numéricos de documentos e logs (**Pré-processamento**).
4. Redução e reprojeção dos dados. Isto pode ser feito por meio da seleção de atributos úteis ou relevantes para representar adequadamente os dados sem perda de precisão, sempre dependendo do objetivo a ser alcançado (**Transformação**);
5. Mineração dos dados: seleção dos métodos a serem utilizados para localizar padrões nos dados, seguida da busca efetiva por padrões de interesse usando algoritmos e dados selecionados (**Mineração**);
6. Interpretação dos resultados da mineração de dados, inclusive avaliação dos padrões e regras encontrados pelo processo de mineração (**Interpretação e avaliação**);
7. Consolidação e avaliação dos conhecimentos obtidos, documentação e elaboração de relatórios, resolução de conflitos com conhecimentos previamente existentes.

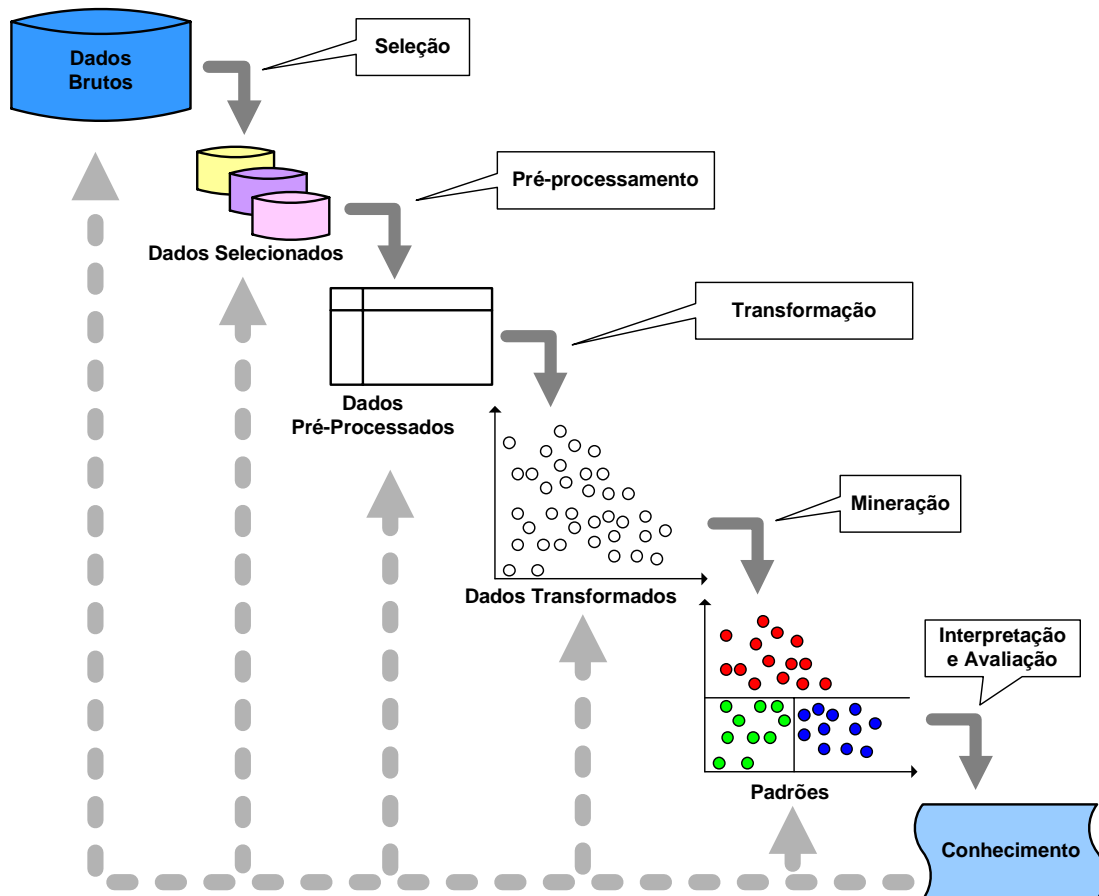


Figura 4.1: Processo de Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados - adaptada de Fayyad et al. (1996).

Este processo não necessariamente ocorre de forma sequencial. O KDD é um processo iterativo e exploratório, de forma que passos já realizados podem ser reexecutados na busca por melhorias ou para resolução de problemas.

O aumento da quantidade de documentos gerados e armazenados em formato digital, estruturado ou não, tem contribuído para o crescente envolvimento de uma extensa comunidade de pesquisa na área de mineração de dados. A Web colabora sobremaneira para este contexto, em virtude da enorme quantidade de novos documentos publicados diariamente. Outrossim, observa-se o surgimento de técnicas específicas para o tratamento de documentos originados na Web. A mineração de dados da Web é definida como a extração de padrões interessantes e potencialmente úteis e de informações implícitas dos artefatos ou atividades relacionadas a Web (LIU, 2007). Existem três enfoques principais concernentes a mineração da Web, a saber (SANTOS, 2009):

- Mineração de estrutura: processo de descoberta de conhecimento a partir da organização da Web com base na ligação entre documentos;
- Mineração de conteúdo: processo de extração de conhecimento do conteúdo de documentos e de seus metadados (descrição, informações sobre autores e palavras-chave). Abrange principalmente documentos textuais, tais como: páginas em texto, HTML ou outros formatos; e-mails, listas de discussão, grupos de usuários e blogs. Também inclui mineração de dados multimídia usando ou não dados textuais associados;
- Mineração de uso: envolve a análise de dados coletados sobre o acesso a documentos (em particular, logs), geralmente com a intenção de descobrir padrões de acesso a sites ou conjuntos de documentos para melhorar a qualidade da experiência do usuário ou para modelar o comportamento dos mesmos.

Em síntese, mineração de estrutura é o processo de inferência de conhecimento tomando como base a topologia, a organização e as estruturas de *links* da Web. Mineração de conteúdo é o processo de extração de informações úteis sobre o conteúdo, dados e documentos da Web. Por fim, mineração de uso é o processo de extração de padrões de navegação interessantes dos registros de acesso Web. Uma sumarização de diversos aspectos destas três abordagens é apresentada na Tabela 4.1.

	Mineração de uso	Mineração de conteúdo	Mineração de estrutura
Tipos de dados	Resultados da interação, como visualizações de páginas.	Textos estruturados ou semi-estruturados, conteúdo em base de dados.	Estrutura de hiperlinks.
Fonte dos dados	Registros de uso do servidor Web ou registros obtidos por aplicações de gerenciamento de conteúdo.	Documentos de texto, hiperdocumentos, base de dados de gerenciadores de conteúdo Web.	Estrutura de hiperlinks publicados.
Representação usual	Tabelas relacionais, grafos.	Lista de palavras, termos ou frases, conceitos de ontologias, tabelas em bases de dados relacionais.	Grafos.
Categorias de aplicação	Adaptação e personalização de sites Web, modelagem de usuários	Categorização e segmentação, extração de regras e padrões.	Categorização e segmentação.

Tabela 4.1: Áreas de interesse na Mineração da Web. Fonte: Rigo (2008).

No âmbito deste trabalho foi adotada a mineração de uso da Web, uma vez que, no contexto de Sistemas de Hipermídia Adaptativa, a mesma é bastante útil para formação e manutenção de modelos do usuário, bem como, possibilita a captura e a análise das características do comportamento destes nos sites, podendo inclusive ser utilizada em mecanismos voltados à personalização e adaptação.

4.2 Mineração de Uso da Web

Conforme Romero (2007) mineração de uso da Web é a utilização de informações geradas pelos acessos de usuários como base para a mineração, o que favorece a obtenção automática e atualizada de padrões. A análise e utilização dessas informações de uso favorecem situações tais como: recuperação de informação, melhorias e reestruturação do projeto de sites, comércio eletrônico, sistemas de recomendação, e sistemas de hipermídia adaptativa (SCIME, 2005).

Os dados de uso da Web incluem dados provenientes de servidores Web (registros de acesso) ou servidores *proxy*, dados originados no software cliente utilizado para a navegação, ou ainda dados disponíveis em base de dados e relacionados com os conteúdos apresentados ou com operações realizadas. Estes dados geram, com o passar do tempo, um volume considerável de informações que podem auxiliar na compreensão do comportamento dos usuários e na melhor organização e estruturação dos recursos oferecidos aos mesmos.

Endereço IP, páginas referenciadas, data e tempo de acesso às páginas, são os dados mais comuns encontrados em padrões de uso de páginas Web. A análise em tais dados ajuda a detectar uma série de padrões, a saber: percursos frequentes, tempo médio de acesso, estratégias de marketing direcionadas a produtos específicos e resultados de campanhas de comunicação. Tais padrões podem ser detectados com diferentes técnicas. Algumas técnicas são explicitadas na Seção 4.3.

4.2.1 Fases da Mineração de Uso da Web

Martinez, Chen e Liu (2006) oferecem um padrão geral para formação e manutenção de modelos do usuário por meio da mineração de uso da Web.

- Coleta de dados: nessa etapa os dados dos usuários são armazenados. Para modelagem

automática de usuários, os dados coletados incluem: dados obtidos da interação do usuário com a Web; dados coletados do ambiente do usuário quando interagindo com a Web; *feedback* dado pelo usuário.

- Pré-processamento dos dados: a informação do estágio anterior não pode ser diretamente processada. Este estágio visa obter, a partir dos dados disponíveis, o conteúdo semântico sobre a interação do usuário com o sistema. Além disso, os dados extraídos devem ser adaptados para a estrutura de dados usada pelos algoritmos de descoberta de padrões usados no passo seguinte.
- Descoberta de padrões: técnicas de mineração de dados são aplicadas aos dados previamente armazenados visando capturar o comportamento do usuário. O resultado dessa fase é um conjunto de descrições estruturais sobre o comportamento e os interesses dos usuários.
- Validação e interpretação: as estruturas descobertas no passo anterior são analisadas e interpretadas. Os padrões descobertos podem ser interpretados e validados, usando conhecimento do domínio e ferramentas de visualização para testar a importância e a usabilidade do conhecimento obtido.

A Figura 4.2 apresenta as etapas envolvidas na mineração de uso da Web.

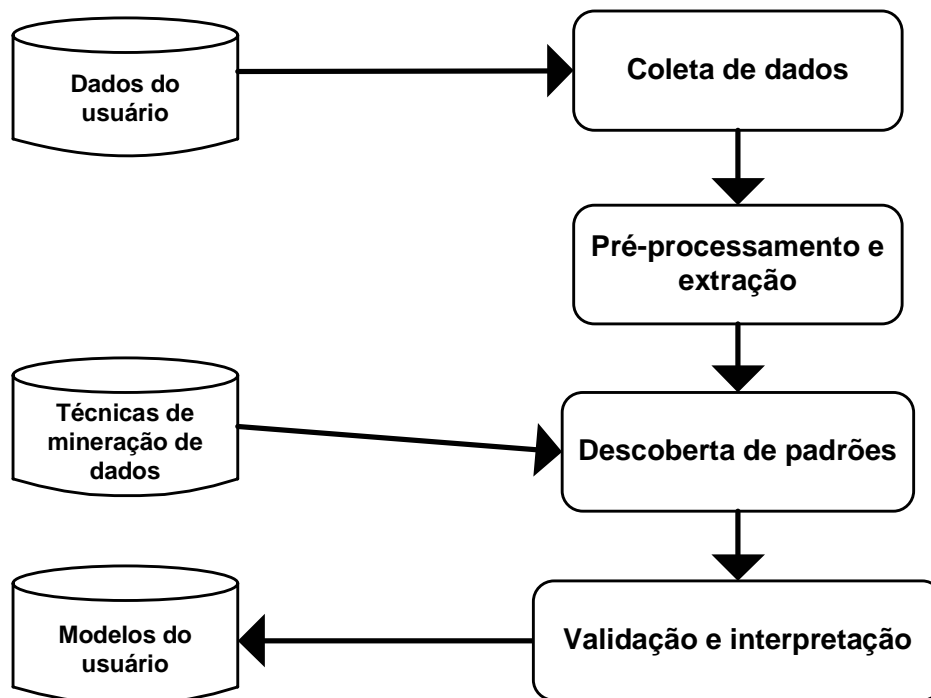


Figura 4.2: Processo de mineração de uso da Web. Fonte: Martinez, Chen e Liu (2006).

Inicialmente, ocorre a aquisição dos dados de uso necessários. Em seguida, os dados obtidos passam pela etapa de pré-processamento e extração, onde são convertidos para a representação usada pelos algoritmos de mineração de dados. Por conseguinte, é realizada a configuração e execução de um ou mais algoritmos para descoberta de um conjunto inicial de padrões de navegação, compreendendo a escolha da tarefa de mineração a ser aplicada, a definição do algoritmo e a extração dos padrões propriamente dita. Finalmente, este conjunto deve ser avaliado de forma a descartar padrões indesejados ou incorretos. Os padrões de navegação considerados válidos são utilizados para formação e/ou manutenção de modelos do usuário.

4.3 Técnicas de Mineração de Dados

Cada técnica de mineração de dados captura diferentes relações entre os dados disponíveis e expressa os resultados usando diferentes estruturas de dados. A questão chave é descobrir que padrões precisam ser capturados. É importante, a fim de escolher um método adequado, saber que tipo de conhecimento é capturado por cada técnica e como esse conhecimento pode ser usado. Com o objetivo de proporcionar uma visão geral, algumas técnicas são descritas, apresentando sua aplicação para modelagem do usuário (MARTINEZ; CHEN; LIU, 2006):

- **Classificação:** consiste na descoberta de uma função preditiva que consegue classificar um dado em uma de várias classes discretas que são predefinidas ou conhecidas. Tipicamente usada para construção de modelos do usuário para personalização da sua experiência (resguardando suas características pessoais: nível de conhecimento, preferências).
- **Regras de associação:** usada para capturar conjunto de ações que tem uma relação causal entre elas. Tipicamente aplicadas para capturar páginas que são acessadas em conjunto.
- **Redes neurais:** paradigma de processamento da informação que é inspirado na forma como o sistema nervoso biológico processa informações. Utilizadas para classificação e recomendação para grupos de usuários com características semelhantes e para criação de perfis e estereótipos.

- **Agrupamento ou *Clustering*:** consiste na construção de grupos de objetos com base nas semelhanças e diferenças entre os mesmos, de tal maneira que os grupos obtidos são os mais homogêneos e bem separados possíveis. Seu princípio é maximizar a similaridade dentro de um grupo de objetos e minimizar a similaridade entre os grupos de objetos, ou seja, grupos devem ser o mais homogêneo em si e mais heterogêneo entre si. Em geral, esta técnica é aplicada para estabelecer grupos de usuários exibindo padrões similares.

A técnica de classificação é altamente dependente da qualidade dos dados disponíveis. Além disso, para problemas multidimensionais seu tempo de resposta pode ser muito alto, o que torna sua utilização inconveniente para Sistemas de Hiperídia Adaptativa. As regras de associação têm a desvantagem de exigirem um alto tempo de processamento. As redes neurais apresentam como desvantagens o tempo de treinamento e a quantidade de informação necessários para produção de um modelo. O agrupamento permite representar classes que não estão definidas no início do processo de aprendizagem, constituindo uma tarefa de aprendizado por observação. Assim, neste trabalho a técnica escolhida foi a de agrupamento. No caso do Sistema de Hiperídia Adaptativa Acessível desenvolvido, a base de modelos do usuário foi utilizada como entrada para o estabelecimento de grupos de usuários que exibissem padrões similares.

4.3.1 Algoritmos de Agrupamento

A tarefa de agrupamento utiliza métodos heurísticos para fornecer soluções ideais na resolução de problemas. Porém, em função da diversidade das aplicações de agrupamento, métodos heurísticos são desenvolvidos para classes de problemas específicos. Han e Kamber (2001) esclarecem que as heurísticas para problemas de agrupamento podem ser classificadas em: métodos hierárquicos, métodos não-hierárquicos ou por particionamento, métodos baseados em densidade e métodos baseados em grades.

Neste trabalho os métodos hierárquicos e não-hierárquicos foram objeto de estudo. Um método hierárquico agrupa os dados de modo que se dois elementos forem agrupados em algum momento, nas próximas iterações eles continuam fazendo parte do mesmo grupo, mesmo se forem agrupados em outros grupos mais gerais, formando uma hierarquia de grupos (DINIZ, 2009). Uma desvantagem dos algoritmos de agrupamento que geram gru-

pos hierárquicos é a sua alta complexidade computacional. Uma segunda desvantagem é que, uma vez formado um grupo, este não pode ser desfeito em iterações posteriores do algoritmo (SILVA, 2006). Já os métodos não-hierárquicos consistem no agrupamento de elementos em K grupos, onde K é a quantidade de grupos definida previamente. Os métodos não-hierárquicos são mais rápidos que os métodos hierárquicos, uma vez que não precisam calcular e armazenar, durante o processamento, a matriz de similaridade. Além disso, conforme NG e Han (1994) os clusters produzidos por particionamento são de qualidade superior aos produzidos por métodos hierárquicos. Assim, escolheu-se um método de agrupamento não-hierárquico, especificamente o *K-means*.

4.3.2 Funcionamento do algoritmo *K-means*

O algoritmo *K-means* toma um parâmetro de entrada, K , e particiona um conjunto de N elementos em K grupos, conforme pseudocódigo do Algoritmo 1.

Algoritmo 1 Algoritmo *K-means*

Entrada: O número de grupos, K , e a base de dados com N elementos.

Saída: Um conjunto de K grupos.

Especifique K ;

Escolha arbitrariamente os K elementos da base de dados como os centros iniciais dos grupos.

para todos os objetos restantes faça

 Calcule a distância entre o elemento e os centróides;

 Adicione o elemento ao agrupamento que possuir a menor distância;

 Recalcule o centróide do agrupamento.

fim para

para todos os K agrupamentos faça

 Calcule a soma dos erros quadrados;

fim para

repita

 para todos os N elementos faça

 Mova o elemento para os outros agrupamentos;

 Recalcule a soma dos erros quadrados;

 se soma dos erros quadrados diminui então

 o objeto passa a fazer parte do agrupamento que produzir maior ganho;
 recalcule a soma dos erros quadrados dos agrupamentos alterados.

 fim se

 fim para

Até que não haja mudanças de elementos de um grupo para outro.

Primeiramente é realizada randomicamente a seleção dos elementos centróides. O próximo passo do algoritmo refere-se ao cálculo da distância dos demais elementos em relação a cada centróide, tendo-se os cálculos armazenados em uma matriz de similaridade. O algoritmo atribui os elementos mais pertos do centróide ao mesmo cluster. A cada iteração, o centróide de cada cluster é recalculado, sendo seu valor obtido pela média dos membros do cluster. A partir disso, selecionam-se novos centróides com o valor médio igual ou próximo aquele calculado para o cluster, gerando-se uma nova matriz de similaridade e realizando-se uma nova distribuição dos elementos aos grupos. Caso os elementos permaneçam nas mesmas posições o algoritmo é encerrado, ao contrário, repete-se o processo até eles não alterem mais as suas posições, definindo-se para isso um limite de iterações.

Para agrupar indivíduos, é necessária a definição de uma medida de similaridade (quanto maior seu valor, maior a semelhança entre os objetos) ou dissimilaridade (quanto maior seu valor, menor a semelhança entre os objetos). No caso do algoritmo *K-means* utilizado no Sistema de Hipermídia Adaptativa Acessível desenvolvido, foi usada uma métrica de dissimilaridade, a distância euclidiana. A distância euclidiana representa a distância geométrica no espaço multidimensional. Conforme a Equação 4.1, para dois objetos i e j , a distância euclidiana é dada pela raiz quadrada do somatório dos quadrados das diferenças entre os valores de i e j para todas as variáveis.

$$d(i, j) = \sqrt{\sum_{v=1}^p (x_{iv} - x_{jv})^2} \quad (4.1)$$

onde:

x_{iv} : representa a característica do indivíduo i ;

x_{jv} : representa a característica do indivíduo j ;

p : quantidade de variáveis

v : indivíduo.

No caso de variáveis nominais considera-se a quantidade de atributos que no objeto i e no objeto j tem o mesmo valor (o mesmo estado), m , e a quantidade total de variáveis, v . Assim, calcula-se a dissimilaridade entre dois objetos como sendo:

$$d(i, j) = \frac{v - m}{v} \quad (4.2)$$

Para implementação do algoritmo *K-means* foi utilizado o pacote de software *Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA)*. O WEKA é implementado na linguagem Java, podendo ser executado nas mais diversas plataformas e oferecendo os benefícios de uma linguagem orientada a objetos tais como: modularidade, polimorfismo, encapsulamento e reutilização de código. Além disso, é um software de domínio público estando disponível para download no endereço: <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>. O WEKA fornece suporte ao desenvolvimento de diversos algoritmos para mineração de dados, dentre os quais o algoritmo de agrupamento *K-means* por meio da classe *SimpleKMeans*.

O SiPAAc funciona da seguinte forma: a partir da interação com o usuário a aplicação Web coleta dados de uso (páginas acessadas, tempo de permanência nas páginas e mídias executadas), estes são armazenados na base de modelos do usuário. Por conseguinte, é realizada a etapa de extração de conhecimento, especificamente descoberta de categorias de usuários com padrões similares por meio do algoritmo *K-means*. Por fim, as características de cada categoria de usuário ficam disponíveis para uso pelo mecanismo de adaptação, que interage com a aplicação Web, relacionando as informações do usuário, com o objetivo de geração de adaptações da estrutura de *links* e da apresentação de conteúdo no sistema.

Capítulo 5

SiPAAc

Este Capítulo descreve o Sistema de hiPermídia Adaptativa Acessível (SiPAAc). O SiPAAc apresenta informações sobre um tipo de perturbação da percepção visual, o daltonismo. Além disso, apresenta-se a metodologia UWE usada para o desenvolvimento deste sistema adaptativo e acessível.

5.1 Introdução

A evolução tecnológica possibilita o desenvolvimento de interfaces cada vez mais rebuscadas com forte apelo visual, o que aumenta a complexidade da interação para deficientes visuais. Em uma sociedade tutelada por imagens, mesmo com a utilização de suportes tecnológicos adequados, deficientes visuais são impossibilitados de acessar diversos ambientes virtuais. A Tabela 5.1 contém os dados do censo demográfico realizado pelo IBGE no ano 2000¹ (IBGE, 2000).

Tipo de Deficiência	Visual	Motora	Auditiva	Mental	Física	Total
Homem	7.259.074	3.295.071	3.018.218	1.545.462	861.196	15.979.021
Mulher	9.385.768	4.644.713	2.716.881	1.299.474	554.864	18.601.700
Total	16.644.842	7.939.784	5.735.099	2.844.936	1.416.060	34.580.721

Tabela 5.1: Quantidade de deficiências no Brasil. Fonte: IBGE (2000).

Esses dados demonstram que a quantidade de deficientes visuais no Brasil é expressiva, o que ratifica e consolida a opção feita nesta pesquisa. Nessa perspectiva, optou-se pelo

¹Segundo o plano de divulgação dos resultados do censo demográfico realizado em 2010 pelo IBGE, somente a partir do mês de abril de 2011 as informações relacionadas a características da população brasileira serão divulgadas. Por este motivo, foram utilizados dados referentes ao censo realizado no ano 2000.

desenvolvimento e disponibilização de um Sistema de Hipermídia Adaptativa Acessível com informações sobre daltonismo, o qual personaliza sua navegação e apresentação aos diferentes perfis de usuários. O daltonismo é uma perturbação da percepção visual caracterizada pela incapacidade de diferenciar cores primárias, como o verde e o vermelho, o que repercute na percepção das demais cores do espectro (BERNE; LEVY, 2000).

Os guias WCAG e eMAG possuem iniciativas visando a acessibilidade para daltônicos. Ambos definem que os conteúdos disponibilizados na Web não podem ser identificados unicamente pela cor, ou seja, as informações veiculadas com cor também devem estar disponíveis sem cor. Tal recomendação foi seguida durante o desenvolvimento do SiPAAc.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do SiPAAc foi a elaborada por Batista (2008) em sua tese de doutorado. Esta é uma adaptação do Processo de Desenvolvimento de Sistemas de Hipermídia Adaptativa proposto por Koch (2000). A Tabela 5.2 apresenta as fases do processo de desenvolvimento.

1ª Fase	Levantamento das Exigências / Captura dos Requisitos	Nesta fase descobre-se a variedade e complexidade dos requisitos, define-se o escopo, elabora-se o plano de projeto. Realizam-se as seguintes atividades: <ul style="list-style-type: none"> - Identificação dos usuários; - Levantamento da navegação necessária; - Levantamento dos componentes de interface e modos de apresentação necessários; - Levantamento do potencial de navegação;
2ª Fase	Análise e Projeto	A análise foca a aplicação dos requisitos e as restrições de implementação. O projeto é visto como um processo de refinamento da análise. Nesta fase, realizam-se as seguintes atividades: <ul style="list-style-type: none"> - Modelagem de casos de uso; - Modelagem conceitual; - Modelagem do usuário; - Modelagem da navegação; - Modelagem da apresentação; - Modelagem da adaptação.
3ª Fase	Projeto da Interface Web	Nesta fase, projeta-se a interface de acordo com o Modelo e Diretrizes para o Processo de Design de Interface Web Adaptativa e realiza-se a implementação do protótipo.
4ª Fase	Verificação e Teste	Nesta fase, verifica-se a funcionalidade da Web adaptativa e realizam-se os testes de usabilidade da interface.

Tabela 5.2: Modelo para o Processo de Design de Interface Web Adaptativa. Fonte: Batista (2008).

5.2 Modelos para Desenvolvimento do SiPAAc

O desenvolvimento do SiPAAc com informações sobre daltonismo seguiu as orientações da UWE. Como preconizado pela UWE, os modelos desenvolvidos para o SiPAAc são apresentados por meio de diagramas UML. Os modelos em UML foram elaborados com uso do aplicativo JUDE², o qual permite a elaboração de diagramas conforme a UML. Estes diagramas, em uma sequência de passos, orientam o desenvolvimento do sistema, pois oferecem uma visão global do ambiente.

5.2.1 Modelo de Casos de Uso

O modelo de casos de uso identifica os atores que interagem com o sistema, bem como as ações que estes realizam ao navegar pelo ambiente. Cada ator identificado representa um tipo de usuário que poderá navegar pelo sistema e assimilar o conteúdo ali exposto. Esse modelo também permite definir os relacionamentos existentes entre os atores.

A Figura 5.1 apresenta os atores do SiPAAc.

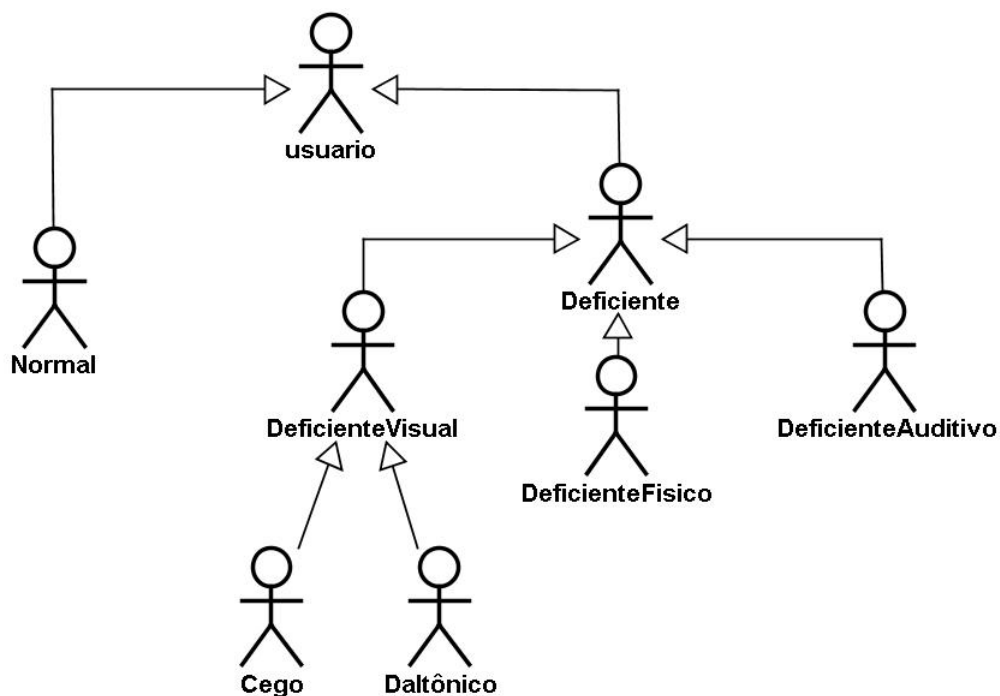


Figura 5.1: Atores do SiPAAc.

Nela verifica-se que existe um relacionamento de herança entre os diferentes atores do

²Disponível em <http://jude.change-vision.com/jude-web/index.html>

sistema. Esse relacionamento de herança indica que as características do ator *usuario* são herdadas pelos atores *Normal* e *Deficiente*. Já os atores *DeficienteVisual*, *DeficienteAuditivo* e *DeficienteFísico*, além de herdarem as características do ator *usuario* também herdam as características do ator *Deficiente*. Por fim, os atores *Cego* e *Daltônico* são especializações do ator *DeficienteVisual*.

A Figura 5.2 apresenta, em um diagrama de casos de uso, as atividades que podem ser realizadas por estes atores.

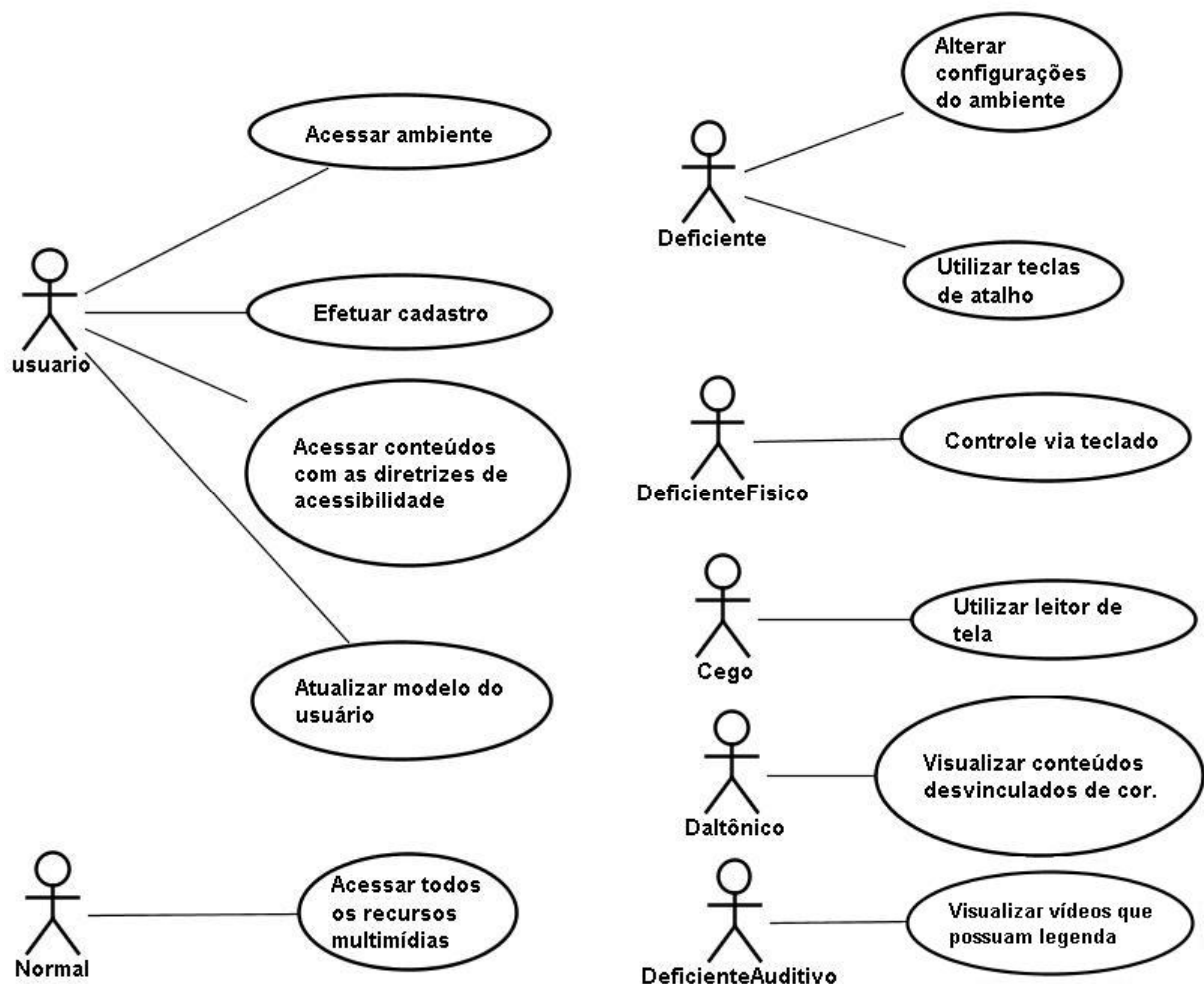


Figura 5.2: Diagrama de casos de uso do SiPAAC.

As atividades do ator *usuario* podem ser realizadas pelos demais atores, a saber: acessar o ambiente, efetuar cadastro, acessar conteúdo com as diretrizes de acessibilidade e atualizar modelo do usuário. Aos atores *DeficienteAuditivo*, *DeficienteFísico* e *DeficienteVisual*, assim como aos atores *Cego* e *Daltônico*, é permitida a configuração do ambiente: modificação das

cores de fundo da página, alteração do tamanho das fontes utilizadas no decorrer do texto; além de navegarem por meio de teclas de atalho. Aos deficientes físicos, especificamente pessoas com deficiências motoras nos membros superiores, que não podem utilizar o mouse com habilidade, é oferecida a possibilidade de usar o teclado para dar saltos entre os *links* e entre os campos de formulário. Os usuários cegos podem utilizar o leitor de tela para escutar comandos e a leitura tanto da estrutura como do conteúdo presente nas páginas Web apresentadas. Os usuários daltônicos podem visualizar toda a informação comunicada com cores, também sem cores. Já para os deficientes auditivos são apresentados somente os vídeos que possuem legenda.

5.2.2 Modelo Conceitual

O modelo conceitual, ou modelo de domínio, descreve a forma da estruturação do domínio da aplicação, ou seja, a estrutura geral da aplicação.

A Figura 5.3 representa o modelo conceitual do SiPAAC.

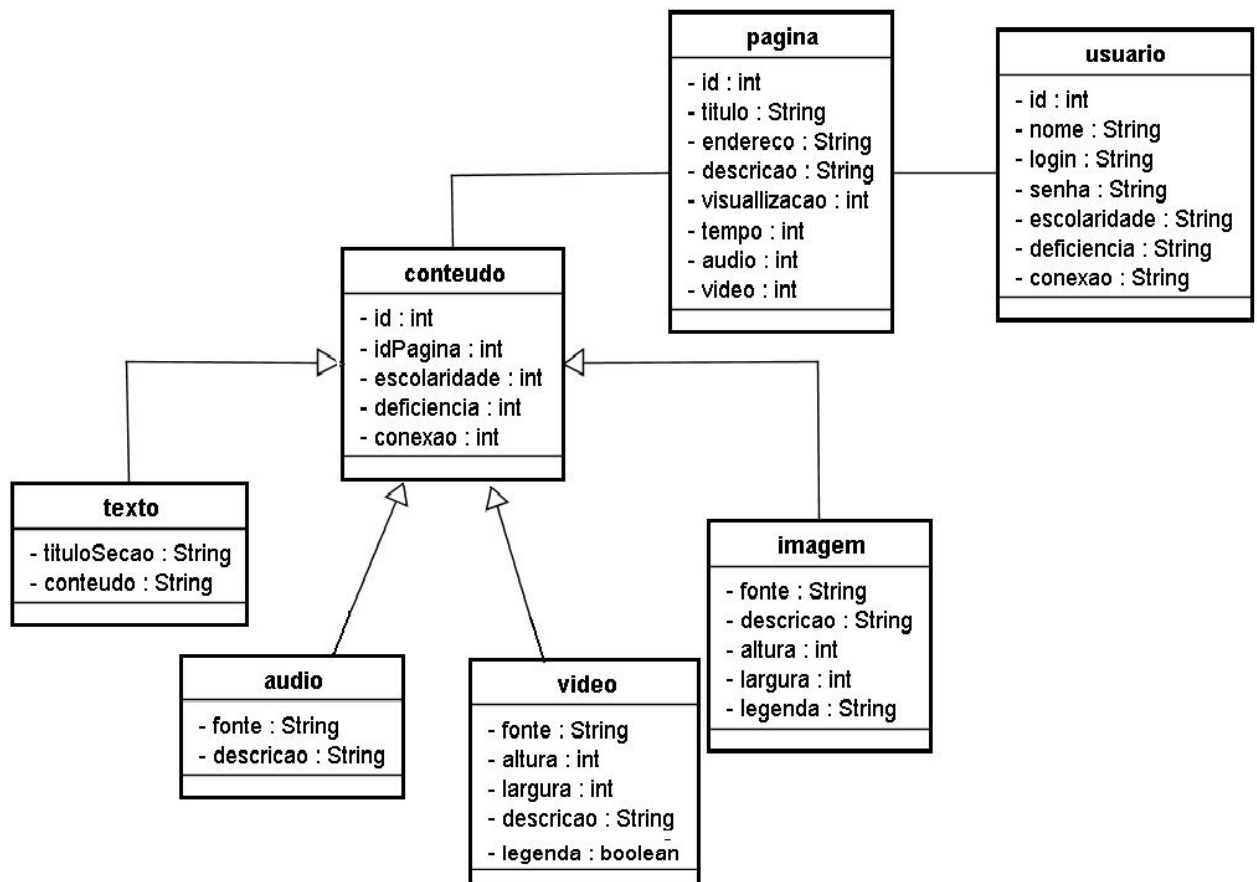


Figura 5.3: Modelo conceitual do SiPAAC.

As classes representadas no modelo conceitual originam os nós de uma estrutura de hipertexto e as associações entre elas, os *links*.

Por se tratar de um ambiente informacional, o modelo conceitual do SiPAAc é simples. A classe *usuario* armazena as informações dos usuários. Cabe a esta classe promover a adaptação do sistema de acordo com as características dos usuários. As classes *texto*, *audio*, *video* e *imagem* possuem um relacionamento de herança direta com a classe *conteudo*. A classe *conteudo* e suas classes-filhas foram modeladas conforme recomendações dos guias de acessibilidade. Por fim, a classe *pagina* identifica o domínio e referencia as demais classes como pertencentes a um domínio específico.

5.2.3 Modelo do Usuário

O modelo do usuário é constituído de descrições que são consideradas relevantes sobre o conhecimento, características e/ou atitudes do usuário, provendo informação ao ambiente para que ele se adapte a cada usuário individualmente. O modelo do usuário concentra toda informação que o sistema precisa saber sobre o mesmo (preferências, expectativas, conhecimentos, tipo de deficiência), ou seja, representa as características que formam o perfil do usuário, mantendo informações sobre cada indivíduo.

A Figura 5.4 apresenta os atributos do modelo do usuário.

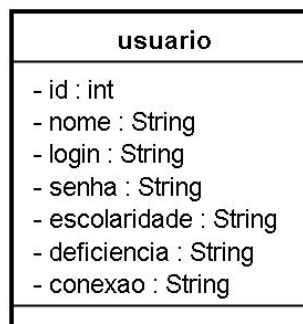


Figura 5.4: Modelo do usuário e seus atributos.

Os dados de cada usuário, obtidos por meio de cadastro (nome, login, senha, escolaridade, deficiência, tipo de conexão) e navegação observada (páginas acessadas, tempo de permanência nas páginas, mídias executadas), são armazenados em uma tabela em um banco de dados que contém os atributos necessários para se conhecer um perfil durante a interação com o ambiente. Assim, o sistema reconhece um perfil de usuário e personaliza o conteúdo

e a navegação.

No modelo de adaptação, as regras adaptativas orientam-se pelas características presentes no modelo do usuário. Portanto, conforme *login* e senha de cada usuário, o sistema dispara, por meio de algoritmos, o caminho que o usuário deve seguir e a apresentação adequada às suas características. É importante destacar que o atributo *deficiencia* possibilita um modelo de usuário que considera as particularidades de usuários com deficiência.

Este trabalho concentra sua atenção nas características dos usuários e em seu percurso de navegação, não considerando, neste momento, aspectos relacionados ao ambiente, mesmo que estes tenham significativa importância.

5.2.4 Modelo de Navegação

O Munich buscar sanar os problemas de navegação dos usuários. Assim, propõe a criação de um modelo de navegação, que é o modelo que representa os possíveis percursos de uma grande parte da informação e seu agrupamento contextual. O modelo de navegação é dividido em dois outros, que são: hiperespaço de navegação e estrutura de navegação. O primeiro especifica quais objetos podem ser acessados pelos usuários dos SHA. Já o segundo procura definir como os objetos podem ser encontrados nesta estrutura.

O hiperespaço de navegação é desenvolvido levando em consideração o modelo conceitual e o modelo de casos de uso. Além das classes do modelo conceitual, se necessário, outras classes podem ser criadas para atender aos requisitos expressos no modelo de casos de uso. Na Figura 5.5 é possível visualizar o modelo de hiperespaço de navegação.

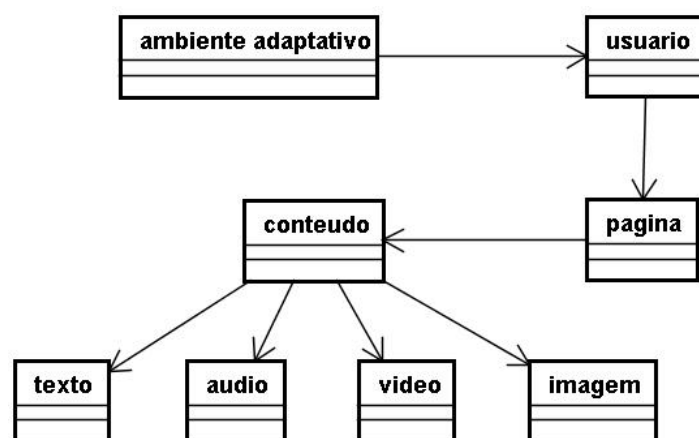


Figura 5.5: Modelo de hiperespaço de navegação.

A classe *ambiente adaptativo* representa o nó principal, por onde todos os usuários começam a navegação. A partir desta classe, um usuário pode armazenar o seu perfil na classe *usuario* e buscar informações na classe *pagina*. Cada página pode ter um ou mais tipos de conteúdos.

O modelo de estrutura de navegação indica aos usuários onde os objetos presentes no ambiente podem ser acessados nesta estrutura. A classe *conteudo* contém as ferramentas de navegação assim como os *links* dos conteúdos.

Conforme Koch (2000) o modelo de apresentação não é o *layout* da interface, mas sim uma abstração que representa o estado e o comportamento da apresentação, independentemente dos controles usados na interface. Ele especifica onde e como os objetos da interação serão apresentados ao usuário. O projeto da apresentação foca a organização estrutural da apresentação, tal como: textos, imagens, vídeos, áudios e menus que oferecem a possibilidade de interação ao usuário.

5.2.5 Modelo de Adaptação

O modelo de adaptação consiste em regras de adaptação que, em harmonia com as informações presentes no modelo do usuário, tornarão possíveis alterações dinâmicas na apresentação e na navegação do Sistema de Hipermídia Adaptativa. Para Koch (2000), o modelo de adaptação especifica as circunstâncias em que a navegação e a apresentação serão adaptadas e quais ações serão realizadas para a adaptação.

Os atributos que influenciam diretamente o processo de adaptação do SiPAAc são apresentados abaixo:

- Escolaridade: define a variante de conteúdo (informação textual para pouco, médio ou amplo repertório);
- Deficiência: define *layout* da página e tipos de mídias que podem ser apresentadas;
- Conexão: define apresentação/ocultação de arquivos de mídia;
- Páginas acessadas e tempo de permanência em cada página: define ordenação da estrutura de *links*;
- Mídias executadas: define mídias preferidas para apresentação de conteúdo.

Estes atributos pertencentes ao modelo do usuário são responsáveis por tornar o sistema adaptativo. Os atributos escolaridade, deficiência, conexão, mídias executadas são utilizados

no processo de adaptação da apresentação de conteúdo. Os atributos páginas acessadas e tempo de permanência em cada página são usados para adaptação da estrutura de navegação.

As regras adaptativas foram estabelecidas na forma de regras *Se<condição> então<ação>*. Algumas regras de adaptação para o conteúdo do SiPAAc com informações sobre daltonismo são apresentadas na Tabela 5.3.

Condição	Ação
<i>Se escolaridade fundamental</i>	<i>então</i> será disponibilizado a variante do conteúdo textual pouco repertório.
<i>Se escolaridade médio</i>	<i>então</i> será disponibilizado a variante do conteúdo textual médio repertório.
<i>Se escolaridade superior</i>	<i>então</i> será disponibilizado a variante do conteúdo textual amplo repertório.
<i>Se tipo de deficiência nenhuma</i>	<i>então layout</i> com recursos estéticos e conteúdos em todas as mídias.
<i>Se tipo de deficiência visual</i>	<i>então layout</i> sem recursos estéticos e conteúdos nas seguintes mídias: textos, áudios e vídeos.
<i>Se tipo de deficiência auditiva</i>	<i>então layout</i> com recursos estéticos e conteúdos nas seguintes mídias: textos, imagens e vídeos com legendas.
<i>Se tipo de deficiência física</i>	<i>então layout</i> com recursos estéticos e conteúdos em todas as mídias.
<i>Se tipo de conexão discada</i>	<i>então</i> serão ocultados arquivos de mídia pesados.
<i>Se tipo de conexão ADSL</i>	<i>então</i> serão disponibilizados todos os arquivos de mídia.

Tabela 5.3: Regras de adaptação para o conteúdo do SiPAAc.

O mecanismo de adaptação do sistema utilizou a mineração de uso da Web a fim de tornar o sistema adaptativo. De forma mais direta, a aplicação da mineração de uso da Web ocorre da seguinte forma: um algoritmo de agrupamento, o *K-means*, é executado sobre os dados (escolaridade, deficiência, conexão, páginas acessadas, tempo de permanência nas páginas e mídias executadas) dos usuários para identificar categorias de usuários que apresentam padrões similares. O sistema é adaptado para cada usuário com base nas características da categoria a que ele pertence. Por exemplo, *links* mais acessados por outros membros da categoria podem ser destacados.

5.2.6 Desenvolvimento do SiPAAc

O sistema desenvolvido seguiu o processo de design de interface Web adaptativa proposto em Batista (2008). Diretrizes de acessibilidade foram inseridas em tal processo, de

modo a proporcionar que o sistema desenvolvido ficasse acessível a uma gama maior e a um número maior de dispositivos e ferramentas da internet. As diretrizes de acessibilidade foram aplicadas conjuntamente as seguintes técnicas adaptativas: páginas variantes, classificação e anotação.

Ao acessar o sistema pela primeira vez, o usuário preenche um formulário com algumas informações pessoais e registra um *login* e senha. Sempre que acessar o sistema, ele deve fazer sua autenticação/identificação. Tal mecanismo permite que o sistema identifique com mais precisão o usuário que nele se conecta. As informações cadastrais (nome, login, senha, escolaridade, deficiência, conexão) do usuário, coletadas de forma direta por meio de formulário, compõem o modelo do usuário que serve como base para adaptação do sistema. A Figura 5.6 apresenta a tela de cadastro de informações pessoais dos usuários.



The image shows a web browser window with the title "Sistema de Hipermedia Adaptativa Acessível". The main content area is titled "Meu Perfil" and contains a registration form. The form fields are as follows:

Nome:	**
Login:	**
Senha:	..
Escolaridade:	Fundamental
Você tem Algum Tipo de Deficiência?	<input checked="" type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não
Tipo de Conexão:	Discada

At the bottom of the form are two buttons: "Continuar" and "Cancelar". Below the form, there are logos for "W3C HTML 4.0" and "W3C CSS", and a footer that reads "Protótipo da Dissertação de Mestrado ©Powered by: Cleone Silva".

Figura 5.6: Formulário de cadastro.

O formulário de cadastro foi desenvolvido seguindo as diretrizes de acessibilidade no intuito de permitir o acesso de pessoas com deficiência e o seu correto preenchimento das informações. Por *default*, cada campo de seleção do formulário possui um valor inicial (definiu-se o caractere * como valor inicial), de forma que possa ser reconhecido como um objeto ativo e indicar que deve ser preenchido. Além disso, os campos dos formulários

possuem a *tag label*, esta serve para informar e identificar, no caso dos leitores de tela, que se trata de um cabeçalho de formulário e que este pode ser ativado para preenchimento.

O atributo *tabindex* também foi empregado para definir a ordem de tabulação das páginas. Ao pressionar a tecla *tab*, o usuário é conduzido à primeira ocorrência de *tabindex* e ao continuar pressionando *tab* é levado às ocorrências subseqüentes, favorecendo o sequenciamento lógico correto da tabulação para navegação. Também foi utilizado o atributo *accesskey* que possibilita acesso rápido a um determinado elemento apenas combinando uma tecla especial (por exemplo, ALT) com o caractere associado a este atributo, sem necessitar do mouse. Este recurso é fundamental para deficientes físicos, uma vez que possibilita a navegação com poucos acionamentos via teclado. Para indicar aos usuários que existe mais de uma maneira de navegar no sistema, foi implementado um elemento estilístico que sublinha o caractere que precisa ser pressionado simultaneamente com a tecla especial.

A Figura 5.7 apresenta a tela principal do SiPAAc com informações sobre daltonismo. O usuário pode decidir pelo preenchimento do cadastro caso seja novato ou pelo acesso direto por meio de seu *login* e senha.



Figura 5.7: Tela principal do SiPAAc.

Ao entrar no sistema informações sobre daltonismo são apresentadas ao usuário. Conforme Figura 5.8, o usuário tem acesso aos componentes de apresentação e de navegação dispostos de forma sequencial pela numeração de um a três. Esta numeração indica a se-

quência de passos que um usuário realiza para percorrer o sistema.



Figura 5.8: Navegação no SiPAAc.

Todas as figuras apresentadas no SiPAAc são descritas pelo atributo *alt*. O atributo *alt* fornece uma descrição textual alternativa para imagens quando a mesma não é apresentada para o usuário. Isto é particularmente importante para usuários com restrições visuais ou quando a imagem é carregada muito lentamente. Além disso, os *links* receberam anotações adicionais a fim de facilitar a orientação dos usuários. Ao passar pelo *link* com o mouse, uma descrição adicional é oferecida.

Vale ressaltar que algumas ferramentas de autoria para criação de *layout* na Web inserem *tags* desnecessárias na formatação do texto. Desse modo, é importante que o desenvolvedor fique atento à boa formatação da linguagem HTML de forma a facilitar o acesso ao conhecimento por meio das tecnologias assistivas.

Definiu-se a conformidade com as recomendações para conteúdo Web acessível, especi-

ficamente o WCAG 2.0 e o eMAG 2.0, como requisito imprescindível para a promoção da acessibilidade no conteúdo das páginas do SiPAAC. Tais diretrizes de acessibilidade foram aplicadas de forma transparente, assim o ambiente apresenta-se da mesma maneira, seja o usuário deficiente ou não. O SiPAAC foi submetido à avaliação em duas ferramentas de validação automática, a saber: o ASES³ e o HTML Validator⁴. Em ambas ferramentas o sistema foi validado considerando os 3 níveis de prioridade. Depois da execução dos testes de validação nas ferramentas, os resultados foram apresentados identificando os erros de codificação encontrados e a respectiva linha onde houve falha em virtude do não cumprimento das diretrizes de acessibilidade. As inconsistências detectadas foram devidamente solucionadas. O Código Fonte 5.1 mostra trecho de código referente a página de login em HTML acessível. Por exemplo, cada campo de formulário possui a tag *label* para descrever do que se trata (linhas 14 e 19).

Código Fonte 5.1: Código da página de login em HTML acessível.

```
1 <html lang="pt-br">
2 <head>
3 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=ISO-8859-1">
4 <title>Sistema de Hiperídia Adaptativa Acessível</title>
5 <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1"/>
6 <link rel="stylesheet" href="./css/style.css"></link>
7 </head>
8
9 ...
10
11 <form action="Login" method="post">
12 <table align="center" border="1" cellspacing="0" cellpadding="3">
13 <tr>
14     <td><label for="login">Login:</label></td>
15     <td align="left"><input type="text" name="usuario" id="login"
16         value="*" size="20" maxlength="50" tabindex="5" /></td>
17 </tr>
18 <tr>
19     <td><label for="senha">Senha:</label></td>
20     <td align="left"><input type="password" name="senha" id="senha"
21         value="*" size="20" maxlength="20" tabindex="6" /></td>
22 </tr>
23 <tr>
24     <td align="center" colspan="2"><input type="submit" value="Logar"
25         tabindex="7" />
26 </tr>
27 </table>
28 </form>
```

³Disponível em <http://www.governoeletronico.gov.br/acoes-e-projetos/e-MAG/ases-avaliador-e-simulador-de-acessibilidade-sitios>

⁴Disponível em <http://users.skynet.be/mgueury/mozilla/>

```
29 <jsp:include page="./include/footer.jsp" flush="true" />  
30 </body>  
31 </html>
```

Além disso, seguindo recomendações do W3C separou-se o código CSS do código referente a estrutura da página em HTML. O código CSS também foi submetido à avaliação tanto na ferramenta ASES como na ferramenta CSS Validation Service ⁵.

A tecnologia JavaServer Pages⁶ (JSP), que é baseada na linguagem de programação Java, foi utilizada no desenvolvimento da aplicação Web. A JSP tem a vantagem da portabilidade de plataforma, que permite sua execução em diversos sistemas operacionais. Além disso, JSP oferece a dinamicidade intrínseca necessária para que sistemas hipermídia sejam adaptativos. O Sistema Gerenciador de Banco de Dados MySQL⁷ foi utilizado para armazenar a base de modelos do usuário e os conteúdos para fonte de hipermídia.

O processo de aquisição de dados de uso do usuário utilizou implementação específica das aplicações Web. Tal implementação gera e manipula informações armazenadas em *cookies* e em sessões. Durante a interação do usuário com o ambiente, cada página acessada consegue identificar o usuário com base nos dados (login, senha) de sessão específicos para cada usuário, assim é possível deixar disponível a qualquer instante os atributos (escolaridade, deficiência, conexão, páginas acessadas, tempo de permanência nas páginas, mídias executadas) pertencentes ao modelo do usuário e atualizá-los em modo de execução quando necessário. Assim, basta cada usuário identificar-se apenas uma vez para que o sistema localize o seu perfil e o redirecione para um local específico definido no modelo de adaptação. Cada acesso gera um registro que compõe o modelo do usuário, atualizando os dados sobre sua navegação, tais como a página acessada, tempo de permanência nas páginas e mídias executadas.

A Tabela 5.4 apresenta um exemplo de dados de entrada para execução do algoritmo *K-means* no SiPAAc. A primeira coluna representa o identificador único de cada usuário, a segunda coluna indica seu grau de escolaridade, a terceira coluna informa a deficiência que o mesmo possui, a quarta coluna especifica o tipo de conexão, a quinta coluna representa a quantidade de visualizações da página 1, a sexta coluna indica o tempo de permanência

⁵Disponível em <http://jigsaw.w3.org/css-validator/>

⁶Disponível em <http://www.oracle.com/technetwork/java/javaee/jsp/index.html>

⁷Disponível em <http://www.mysql.com/>

na página 1, a sétima coluna representa a quantidade de visualizações da página 2, a oitava coluna indica o tempo de permanência na página 2, a nona coluna armazena a quantidade de vezes que a mídia áudio foi executada, a décima coluna armazena a quantidade de vezes que a mídia vídeo foi executada.

id	escolarid.	deficiência	conexão	v. pag. 1	t. pag. 1	v. pag. 2	t. pag. 2	áudio	vídeo
1	Superior	Nenhuma	Discada	6	300	5	150	2	5
2	Médio	Visual	Discada	8	950	3	400	3	2
3	Fundam.	Auditiva	Banda larga	4	630	6	300	-	4
...

Tabela 5.4: Exemplo de dados do SiPAAc para mineração.

O algoritmo *K-means* foi executado várias vezes sobre a base de modelos do usuário. A cada execução o número (K) de clusters a serem gerados foi alterado, o objetivo era encontrar o valor de K que diminuísse a distância dos pontos pertencentes a um mesmo grupo, ou seja, fazer com que os grupos resultantes fossem tão compactos e tão separados quanto possível. O número K que produziu a melhor qualidade dos agrupamentos formados foi 6. No SiPAAc, a execução do algoritmo *K-means* classifica as linhas da Tabela 5.4 em 6 possíveis categorias (clusters). A última coluna da Tabela 5.5 apresenta a saída da execução do *K-means* com dados do SiPAAc.

id	escol.	defic.	conexão	v. pag. 1	t. pag. 1	v. pag. 2	t. pag. 2	áudio	vídeo	cluster
1	Superior	Nenhuma	Discada	6	300	5	150	2	5	0
2	Médio	Visual	Discada	8	950	3	400	3	2	1
3	Fundam.	Auditiva	Banda larga	4	630	6	300	-	4	2
...

Tabela 5.5: Dados do SiPAAc minerados com *K-means*.

Quando um usuário acessa o sistema verifica-se a que categoria o mesmo pertence e com base nas características de tal categoria promove-se a adaptação do SiPAAc. A Figura 5.9 apresenta as técnicas de navegação adaptativa: classificação e anotação. Analisando essa Figura é possível verificar a diferenciação quanto à disposição de *links* da página. Os *links* são ordenados (classificados) conforme sua importância para cada usuário. Além disso, a técnica de anotação é utilizada para fornecer uma informação adicional sob a forma de

indicador visual, que consiste na modificação da cor de apresentação e tamanho da fonte dos *links*.



(a) *Links* classificados e com indicação visual: *link* Daltonismo destacado



(b) *Links* classificados e com indicação visual: *link* Cegueira destacado

Figura 5.9: Técnicas de navegação adaptativa: classificação e anotação.

A Figura 5.10 apresenta a técnica de apresentação adaptativa: páginas variantes. Com base na Figura é possível verificar a diferenciação quanto ao conteúdo das páginas, assim como ao *layout* da interface. O conteúdo da página assim como o tipo de mídia escolhida para sua apresentação, são definidos com base nas preferências da categoria a qual o usuário pertence. Já o *layout* da página pode variar em função do usuário possuir ou não deficiência visual. Algumas opções de formatação são oferecidas, tais como: Ativação/Desativação de contraste e Aumento/Diminuição do tamanho da fonte. A possibilidade de alteração do contraste do fundo da página beneficia usuários com baixa visão. Para tanto, quando esta opção é escolhida, uma folha de estilo é referenciada alterando todos os componentes presentes na página acessada. Além disso, é possível alterar o tamanho da fonte por meio de um arquivo *JavaScript* que percorre todas as *tags* modificando tudo que é texto.

Bem-vindo(a), lenardo

Terça-feira, 5 de Abril de 2011

[Daltonismo](#) [Cequeira](#) [Perfil](#) [Sair](#)

Você está aqui >> Daltonismo

Contexto

A utilização da Hipermedia Adaptativa em consonância com padrões de acessibilidade potencializam a democratização dos espaços virtuais ao permitir a busca de informações e trocas sociocognitivas, inclusive para pessoas com alguma limitação. Dessa forma, é mister que o desenvolvimento de sistemas seja realizado em conformidade com diretrizes de acessibilidade tornando o conteúdo disponível na Web acessível a qualquer pessoa, com deficiência ou não, independente das ferramentas utilizadas e condições de acesso.

Objetivo Geral

Esta dissertação tem como objetivo apresentar um Sistema de Hipermedia Adaptativa Acessível, o qual utiliza a mineração de uso da Web para modificação automática da estrutura do ambiente conforme padrões de navegação dos usuários. O acompanhamento do comportamento dos usuários será aproveitado para definição das informações a serem usadas no processo de adaptação, possibilitando uma identificação mais precisa dos interesses e necessidades de cada indivíduo.

W3C HTML 4.0 W3C CSS

Protótipo da Dissertação de Mestrado
©Powered by: Cleone Silva

(a) Layout para usuário não deficiente visual

Bem-vindo(a), les

Domingo, 3 de Abril de 2011

[Daltonismo](#) [Cequeira](#) [Perfil](#) [Sair](#)

Você está aqui >> Daltonismo

Introdução

A informação foi, e é, uma das principais propulsoras da crescente integração de economias, culturas e relações sócio-políticas entre os países. O uso do computador, bem como a interligação destes em redes, foi um dos grandes responsáveis por tal avanço.

Solução

O desenvolvimento de Sistemas de Hipermedia Adaptativa, considerando diretrizes de acessibilidade, amplia o acesso à informação, uma vez que a acessibilidade vai ao encontro de uma dimensão social do conhecimento, fomentando a formação de uma consciência coletiva no sentido da disseminação dos saberes e das riquezas.

Valid HTML 4.0! CSS válido!

Protótipo da Dissertação de Mestrado
©Powered by: Cleone Silva

(b) Layout para deficiente visual

Figura 5.10: Técnica de apresentação adaptativa: páginas variantes

No caso do primeiro acesso do usuário, como este ainda não possui dados de uso, os *links* e os conteúdos são apresentados conforme ordem de cadastro na fonte de hipermídia.

No SiPAAc as informações sobre daltonismo são apresentadas na forma de textos, vídeos, áudios e imagens. É oportuno salientar que o sistema não oferece a tradução do áudio dos vídeos para a linguagem de sinais, uma vez que este não era o propósito deste trabalho. Posteriormente, objetos de aprendizagem podem ser acrescentados à aplicação conforme necessidades dos usuários.

Capítulo 6

Conclusões

Características como não-linearidade, vasto espaço informacional para navegar, pluralidade de mídias e interação, tornam a Web atraente e envolvente. Contudo, ao oferecer um espaço comum para uma variedade de usuários com perfis diversificados, a Web acaba por excluir uma parcela significativa de sujeitos ao não considerar suas particularidades.

A integração entre Sistemas de Hipermídia Adaptativa, acessibilidade e mineração de dados configura-se como uma alternativa promissora para personalização de aplicações na Web. Esta união possibilita o fornecimento de um percurso navegacional e um conteúdo mais apropriado às pessoas com deficiência. Com a identificação do perfil dos usuários é possível elaborar estratégias adequadas e melhorar o tratamento dos componentes multimídias utilizados no ambiente.

Este trabalho buscou suprir a carência e/ou incipiência de pesquisas que associem hipermídia adaptativa, acessibilidade e mineração de dados. Dessa forma, esta dissertação teve seu campo de estudo centrado no desenvolvimento de um Sistema de Hipermídia Adaptativa que fosse realmente acessível e personalizável à pluralidade de usuários.

Nesta dissertação, foi modelado e implementado um Sistema de Hipermídia Adaptativa Acessível (SiPAAc), no qual a mineração de uso da Web foi utilizada para modificação automática da estrutura de *links* e apresentação de conteúdo no ambiente. Além disso, os modelos do usuário foram construídos considerando as particularidades dos usuários do sistema, dentre elas, seu tipo de deficiência. Diretrizes de acessibilidade foram consideradas de forma que o sistema desenvolvido seguiu os preceitos da acessibilidade, sem cercear o acesso e a navegação no sistema a nenhum perfil de usuário.

É importante ressaltar que a aplicação de diretrizes de acessibilidade para o desen-

volvimento de sistemas não afeta o *design* da interface, sendo possível construir interfaces acessíveis aos limitados visuais e que ao mesmo tempo são esteticamente belas. A utilização de recomendações que direcionam a promoção da acessibilidade, facilita a percepção, o entendimento, a navegação e a interação com o conteúdo pelo usuário.

Em relação ao mérito deste trabalho este é significativo, pois a adaptação de sistemas computacionais fornece inúmeros benefícios aos usuários, em especial quando recursos de acessibilidade são oferecidos.

6.1 Contribuições da Dissertação

As contribuições identificadas neste trabalho são:

- Junção entre as áreas de hipermídia adaptativa, acessibilidade e mineração de dados, explorando um contexto de pesquisa pouco utilizado, em que existem poucas propostas na literatura;
- Especificação e implementação de um sistema de hipermídia com informações sobre daltonismo, que apresenta características adaptativas e acessíveis;

É importante destacar que, neste trabalho, o processo de ensino-aprendizagem não foi objeto de estudo.

6.2 Trabalhos Futuros

Buscando melhorar o Sistema de Hipermídia Adaptativa Acessível que foi desenvolvido, perspectivas de trabalhos futuros são destacadas:

- Melhoria da capacidade de adaptação do sistema, considerando não somente as informações armazenadas no modelo do usuário mas também o contexto do usuário, principalmente questões relacionadas ao cenário particular vivido pelo mesmo, tais como: localização espaço-temporal, dispositivo usado, plataforma de navegação e velocidade do link de acesso;
- Integração de ontologias de domínio com mineração de uso da Web, associando informações semânticas com informações de uso, possibilitando além da descoberta de

padrões, a identificação do significado destes, informação esta que pode ser eficiente como subsídio para adaptação;

- Avaliação da usabilidade do sistema por diferentes grupos de usuários. Usabilidade e acessibilidade são condições básicas para a inclusão social digital.

A integração entre hipermídia adaptativa, acessibilidade e mineração de dados é uma área extremamente ampla a ser explorada e onde muito ainda pode ser feito. Assim, por meio deste trabalho, buscamos contribuir um pouco mais para o seu desenvolvimento, na expectativa de identificar novas possibilidades a serem investigadas.

Bibliografia

ALVES, L. G. P. *COLLABORATVWARE: Uma Infra-Estrutura Ciente de Contexto para Suporte a Participação Colaborativa no Cenário da TV Digital Interativa*. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

AMARAL, M. A. *Modelo RHA - Retroalimentação em Hipermídia Adaptativa*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

ARAGAO, A. L. *Utilização do Aprendizado de Máquina para a Adaptação de Estruturas em Hipermídia Adaptativa*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de São Paulo, 2004.

ATAG. *Authoring Tool Accessibility Guidelines 2.0*. 2009. Acessado em 17 Fev. 2011. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/ATAG20/>>.

BACH, C. F. *Avaliação de Acessibilidade na Web : Estudo Comparativo entre Métodos de Avaliação com a Participação de Deficientes Visuais*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2009.

BARBOSA, A. T. R. *Mecanismo de Adaptação Baseado em Redes Neurais Artificiais para Sistemas Hipermídia Adaptativos*. Tese (Doutorado) — Instituto de Engenharia Biomédica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

BARBOZA, A. P. L. *CoAdapt: Um Ambiente Hipermídia Adaptativo Educacional Baseado na WEB com Apoio ao Aprendizado Colaborativo*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

BATISTA, C. R. *Modelo e Diretrizes para o Processo de Design de Interface Web Adaptativa*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

BAYLOR, A. L. Perceived disorientation and incidental learning in a web-based environment: internal and external factors. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, Association for the Advancement of Computing in Education, USA, p. 227–251, 2001. ISSN 1055-8896.

BERNE, R. M.; LEVY, M. N. *Fisiologia*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. *Uml: Guia do Usuário*. Rio de Janeiro: Campus, 2005. ISBN 8535217843.

BRA, P. D.; HOUBEN, G. J.; WU, H. Aham: a dexter-based reference model for adaptive hypermedia. In: *Proceedings of the tenth ACM Conference on Hypertext and hypermedia : returning to our diverse roots: returning to our diverse roots*. New York, NY, USA: ACM, 1999. (HYPERTEXT '99), p. 147–156. ISBN 1-58113-064-3.

BRASIL. *Decreto 5296 de 02 de dezembro de 2004*. 2004. Acessado em 15 Out. 2010. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=240147>>.

BRUSILOVSKY, P. Adaptive hypermedia: an attempt to analyze and generalize. In: *Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality. Lecture Notes in Computer Science*. [S.l.]: Springer-Verlag, 1996. p. 288–304.

BRUSILOVSKY, P. Adaptive hypermedia. In: *User Modeling and User-Adapted Interaction*. [S.l.: s.n.], 2001. ISSN 1573-1391.

CAPLAN, G. J. Acessibilidade en la red red de interacion especial. In: *RedEspecial Web*. [S.l.: s.n.], 2002.

CIFUENTES, M. T. R. Acessibilidade a la web de las personas com discapacidad visual. In: *I Congreso Nacional de Nuevas Tecnologias y Necesidades Educativas Especiales*. [S.l.: s.n.], 2000.

CONFORTO, D.; SANTAROSA, L.; SONZA, A. P. Ambientes virtuais acessíveis sob a perspectiva de usuários deficientes visuais. *SBIE - Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, v. 19, p. p. 74–83, 2008.

CUD. *About Universal Design*. 2008. Acessado em 16 Jan. 2011. Disponível em: <http://www.design.ncsu.edu/cud/about_ud/about_ud.htm>.

DENTZIEN, B. C. *Inclusão de Pessoas Portadores de Deficiência: um Tipo de Responsabilidade Social*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2008.

DIAS, C. *Usabilidade na web: criando portais mais acessíveis*. [S.l.]: AltaBooks, 2003. ISBN 9788576081401.

DINIZ, R. B. N. *Uso de Técnicas de Mineração de Dados na Identificação de Áreas Hidrologicamente Homogêneas*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal da Paraíba, 2009.

EMAG. *Recomendações de Acessibilidade para a Construção e Adaptação de Conteúdos do Governo Brasileiro na Internet*. 2005.

ENCELLE, B.; BAPTISTE-JESSEL, N. Personalization of user interfaces for browsing xml content using transformations built on end-user requirements. In: *Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A)*. [S.l.: s.n.], 2007. ISBN 1-59593-590-8.

EYHARABIDE, V.; GASPARINI, I.; SCHIAFFINO, S.; PIMENTA, M.; AMANDI, A. Personalized e-learning environments: considering students contexts. In: *Proceedings of 9th WCCE IFIP World Conference on Computers in Education - Education and Technology for a Better World*. [S.l.: s.n.], 2009. ISBN 978-3-642-03114-4.

FAYYAD, U. M.; PIATETSKY-SHAPIRO, G.; SMYTH, P.; UTHURUSAMY, R. (Ed.). *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*. [S.l.]: AAAI/MIT Press, 1996. ISBN 0-262-56097-6.

FERREIRA, S. B. L.; SANTOS, R. C.; SILVEIRA, D. S. Panorama da acessibilidade na web brasileira. *Revista de Controle e Administração*, v. III, p. p. 206–235, 2007. ISSN 2177-2576.

GOMES, S. I. S. *Uso de Ferramentas Automáticas para Avaliação de Acessibilidade na Web*. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

HALASZ, F.; SCHWARTZ, M. The dexter hypertext reference model. *Commun. ACM*, ACM, New York, NY, USA, v. 37, p. 30–39, February 1994. ISSN 0001-0782.

HAN, J.; KAMBER, M. Cluster analysis. In: PRESS, A. (Ed.). *Morgan Kaufmann Publishers (eds.), Data Mining: Concepts and Techniques*. [S.l.: s.n.], 2001.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. 2000. Acessado em 15 Mar. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>>.

IGNÁCIO, E. A. *Avaliação da Acessibilidade de Sites Oficiais de Pesquisa no Brasil por pessoas com deficiência*. Dissertação (Mestrado) — Mestrado em Ciência da Informação - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2007.

JIN, X.; ZHOU, Y.; MOBASHER, B. Task-oriented web user modeling for recommendation. In: *International Conference on User Modeling*. [S.l.: s.n.], 2005.

KAMINSKI, D. *Sistema Hipermídia Adaptativo Acessível*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

KOCH, N. P. d. *Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems*. Tese (Doutorado) — Munich: Universität München, Alemanha, 2000.

LEE, M. W.; CHEN, S. Y.; CHRYSOSTOMOU, K.; LIU, X. Mining students' behavior in web-based learning programs. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 2, Part 2, p. 3459 – 3464, 2009. ISSN 0957-4174.

LIU, B. *Web data mining: Exploring hyperlinks, contents and usage data*. [S.l.: s.n.], 2007. Springer. ISBN 3540378812.

MARTINEZ, E. F.; CHEN, S. Y.; LIU, X. Survey of data mining approaches to user modeling for adaptive hypermedia. In: *IEEE Transactions in System, Man and Cybernetics*. [S.l.: s.n.], 2006. ISSN 1094-6977.

MEIRA, J. W.; MURTA, C. D.; CAMPOS, S. V. A.; NETO, D. O. G. *Sistemas de comércio eletrônico: projeto e desenvolvimento*. [S.l.]: Campus, 2002. ISBN 85-352-1012-1.

MIRANDA, A.; MARTINS, J. G.; SANTOS, J. dos; LOUREIRO, S.; RODRIGUEZ, A. M.; SPECIALKI, E.; BARCIA, R. M. Vias-ka: modelo de acessibilidade para sistemas computacionais de educação a distância. In: *Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction*. New York, NY, USA: ACM, 2005. p. 202–210. ISBN 1-59593-224-0.

NG, R. T.; HAN, J. Efficient and effective clustering methods for spatial data mining. In: *Proceedings of the 20 International Conference on Very Large Databases*. [S.l.: s.n.], 1994.

OBREGON, R. de F. A. *Validação de um Instrumento de Identificação do Perfil de Usuário Através de Ícones Representativos das Inteligências Múltiplas*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

OLIVEIRA, J. M. P.; FERNANDES, C. T. Arquitetura de adaptação em sistemas hipermídia adaptativos educacionais. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. [S.l.: s.n.], 2002.

OMS. *Informações sobre a População Mundial que possui Deficiências*. 2007. Acessado em 15 Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.who.int/nmh/a5817/en/>>.

PAIM, R. L.; AZEVEDO, F. M.; KOERICH, G. M.; DUFLOTH, R. M.; VIEIRA, D. S. C.; POSSA, P. R. C. Sistema hipermídia com interface adaptativa usando redes neurais artificiais mlp e iac. In: *IV Latin American Congress on Biomedical Engineering*. [S.l.: s.n.], 2007. ISBN 978-3-540-74471-9.

PALAZZO, L. A. M. *Modelos Proativos para Hipermídia Adaptativa*. Tese (Doutorado) — Doutorado em Ciências da Computação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

PALAZZO, L. A. M. *Sistemas de Hipermídia Adaptativa: fundamentos, tecnologias e aplicações*. 2004. Acessado em 22 Dez. 2010. Disponível em: <<http://ia.ucpel.tche.br/~palazzo/sha/>>.

PERNAS, A. M.; GASPARINI, I.; PALAZZO, J. M.; PIMENTA, M. Um ambiente ead adaptativo considerando o contexto do usuário. In: *XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*. [S.l.: s.n.], 2009.

RESENDE, A. P. C.; VITAL, F. M. d. P. *A Convenção sobre Direitos das Pessoas com Deficiência Comentada*. 2008. Brasília: Secretaria Especial dos Direitos Humanos.

RIGO, S. J. *Integração de Recursos da Web Semântica e Mineração de Uso para Personalização de Sites*. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Computação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

ROMERO, C. Personalized links recommendation based on data mining. In: *European Conference on Technology Enhanced Learning*. [S.l.: s.n.], 2007.

SANTAROSA, L. M. C.; BASSO, L. Oficina de produção: uma ferramenta de escrita coletiva de documentos. In: *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*. [S.l.: s.n.], 2008. ISSN 1679-1916.

SANTOS, R. Conceitos de mineração de dados na web. In: TEIXEIRA, M. M.; TEIXEIRA, C. A. C.; TRINTA, F. A. M.; FARIAS, P. P. M. (Ed.). *XV Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web, VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos – Anais*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 81–124.

SBC. *Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil - 2006-2016*. 2006. Acessado em 15 Jan. 2011. Disponível em: <<http://www.sbc.org.br/index.php>>.

SCIME, A. *Web mining: applications and techniques*. [S.l.: s.n.], 2005. Idea Group Publishing. ISBN 1591404150.

SILVA, E. B. da. *Agrupamento Semi-Supervisionado de Documentos XML*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

SLATIN, J.; RUSH, S. *Maximum Accessibility: Making Your Web Site Usable for Everyone*. [S.l.]: Addison-Wesley, 2003. ISBN 0-201-77422-4.

SONZA, A. P. *Ambientes Virtuais Acessíveis sob a Perspectiva de Usuários com Limitação*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

STASH, N. *Incorporating Cognitive/Learning Styles in a General-Purpose Adaptive Hypermedia System*. Tese (Doutorado) — Technische Universiteit Eindhoven, 2007.

STRUCHINER, M.; GIANNELLA, T. R.; RICCIARDI, R. M. V. Construção e reconstrução de um sistema hipermídia sobre anticorpos monoclonais com base na estrutura cognitiva do especialista de conteúdo. In: *Ciência e Educação (UNESP)*. [S.l.: s.n.], 2006. ISSN 1516-7313.

TAKIKAWA, F. K. *Arquitetura de Sistemas Hipermídia Adaptativos baseada em Atributos de Qualidade*. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.

TAROUCO, L. M. R. A importância do estudo da teoria da carga cognitiva em uma educação tecnológica. In: *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*. [S.l.: s.n.], 2007. ISSN 1679-1916.

TONIETO, M. T. *Sistema Brasileiro de TV Digital - SBTVD Uma Análise Política e Tecnológica na Inclusão Social*. Dissertação (Mestrado) — Mestrado Profissional em Computação Aplicada - Universidade Estadual do Ceará, 2006.

UAAG. *User Agent Accessibility Guidelines 2.0*. 2009. Acessado em 17 Fev. 2011. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/UAAG20/>>.

W3C. *Essential Components of Web Accessibility*. 2005. Acessado em 17 Fev. 2011. Disponível em: <<http://www.w3.org/WAI/intro/components.php>>.

WANG, Y. huei; LIAO, H.-C. Data mining for adaptive learning in a tesl-based e-learning system. *Expert Systems with Applications*, In Press, Corrected Proof, 2010. ISSN 0957-4174.

WATANABE, W. M. *Auxílio à leitura de textos em português facilitado: questões de acessibilidade*. Dissertação (Mestrado) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC/USP, 2010.

WCAG. *Web Content Accessibility Guidelines 2.0*. 2008. Acessado em 20 Fev. 2011. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/WCAG20/>>.

ZANCHETT, P. S.; DALFOVO, O. D. Hipermídia adaptativa no sistema de aprendizagem para a maior idade. In: *IV Congresso Brasileiro de Computação*. [S.l.: s.n.], 2004.