

Métodos e Design de sistemas de hipermídia adaptativa educacionais

Ricardo Ramos Fragelli, Virgínia Tiradentes Souto

Este artigo apresenta um estudo sobre métodos e design de sistemas de hipermídias adaptativos no contexto educacional. Inicialmente, uma revisão de métodos e técnicas mais utilizadas em um sistema adaptativo são descritos e discutidos. Em seguida, são apresentados alguns estudos sobre o design de hipermídias adaptativas, além de princípios de design de informação propostos por Pettersson (2012). A partir do estudo dos métodos e design de sistemas de hipermídias, são propostas linhas-guias que tem como objetivo auxiliar desenvolvedores e designers no desenvolvimento de sistemas de hipermídias adaptativos educacionais (SHAE). Por fim, são discutidas as interações entre método e design nestes sistemas.

Palavras-chave: hipermídias adaptativas, educacional, métodos, design, linhas-guia

Introdução

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) fornecem um nível de interatividade e de autonomia ao estudante bastante elevados e podem ser ferramentas potenciais em favor da ocorrência da aprendizagem significativa. Segundo Ausubel (1968, 2003), a aprendizagem significativa ocorre quando um novo conceito é retido por meio de associações feitas com conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse elemento preexistente da estrutura de conhecimento do aprendiz é chamado de subsunçor ou conceito subsunçor e o armazenamento de informações no cérebro é organizado em uma hierarquia de conceitos, sendo que elementos mais específicos são ligados a conceitos mais abrangentes e inclusivos. Além disso, se um novo conceito

é ancorado ao conceito subsunçor, este é modificado e se torna mais desenvolvido e inclusivo. Contudo, se a aprendizagem significativa não ocorre com frequência em conjunção com um subsunçor em específico, este se torna limitado e pouco desenvolvido (AUSUBEL, 1968, 2003; MOREIRA, 1999, 2006).

Existem várias ferramentas para potencializar a ocorrência da aprendizagem significativa como os mapas conceituais, atividades metacognitivas, organizadores prévios e o Vê epistemológico de Gowin (AUSUBEL, 1968, 2003; NOVAK, 1977; GOWIN, 1981; MOREIRA, 2006). No mesmo sentido, a adoção de métodos de aprendizagem ativa são boas estratégias pedagógicas tais como o PBL (Problem-based Learning), jogos educativos, Peer Instruction, Think-Pair-Share (DOCHY et al., 2003; RIBEIRO & MIZUKAMI, 2005; RIBEIRO, 2008; RÍOS et al., 2010), destacando também o uso das TIC como suporte (HUANG & CHUANG, 2008; FRAGELLI, 2012).

Sob a ótica das TIC, é necessário verificar o aspecto psicopedagógico de expor um universo de estudantes em níveis de conhecimento e perfis cognitivos diversos a um mesmo material de aprendizagem. Desse modo, as Hipermídias Adaptativas (HA) voltadas aos ambientes educacionais podem ser uma boa opção, pois trabalham fundamentalmente os conceitos referentes à construção de hiperdocumentos para apresentação e navegação que se adaptem às necessidades dos estudantes (FRAGELLI, 2010; DINIZ et al, 2012).

Segundo Brusilovsky (1996; 1997), Hipermídia Adaptativa (HA) é a área da ciência da computação que estuda e desenvolve sistemas, arquiteturas, métodos e técnicas capazes de promover a adaptação de hiperdocumentos e hipermídias às expectativas, necessidades, preferências e desejos dos usuários.

Muitos estudos vêm sendo feitos na área de sistemas de hipermídias adaptativas. Por exemplo, Akbulut e Cardak (2012), fizeram uma meta-análise em 70 estudos de sistemas de hipermídia adaptativa educacional (SHAE) relacionados ao estilo de aprendizado e, apesar do número expressivo de estudos na área, concluíram que os resultados relacionados à aprendizagem não foram fortes o suficiente. Outra revisão de literatura na área, feita por Mulwa et al. (2010), concluíram que, entre outros aspectos, sistemas adaptativos só podem utilizados de forma eficiente e eficaz se as necessidades dos estudantes forem conhecidas.

Considerando que o design da interface de um sistema é um dos componentes essenciais para a sua eficácia, o presente estudo investiga os métodos e design de sistemas de hipermídia adaptativa educacionais (SHAE). Inicialmente, uma revisão de métodos e técnicas mais utilizadas em um sistema adaptativo são descritos e discutidos. Em seguida, são apresentados alguns estudos sobre o design de hipermídias adaptativas, além de princípios de design da informação propostos por Pettersson (2012). A partir do estudo dos métodos e design de sistemas de hipermídias, são propostas linhas-guias que tem como objetivo auxiliar desenvolvedores e designers no desenvolvimento de SHAE. Por fim, são discutidas as interações entre método e design nesses sistemas.

Métodos de sistemas de hipermídia adaptativos

O espaço de adaptação pode ser dividido em navegação e apresentação adaptativa e as possibilidades de adaptação foram consolidadas por Brusilovsky (1996; 1997) após um levantamento dos principais métodos e técnicas da hipermídia adaptativa. Os métodos de apresentação adaptativa indicados por Brusilovsky são os seguintes: Explicações Adicionais, Explicações de Pré-requisitos, Explicações Comparativas, Variantes de Explicação, e Classificação de Fragmentos de Informação. Sobre as técnicas de apresentação adaptativa, o autor classifica: Texto Condicional, Texto Alongado, Variantes de Fragmento, Variantes de Página, e frames.

Os métodos de navegação adaptativa são a Condução Global, o Suporte à Orientação Local e o Suporte à Orientação Global. Finalizando a teoria sobre os espaços de adaptação, as técnicas registradas concernentes à navegação adaptativa são: Orientação Direta, Classificação adaptativa, Ocultação de Links, Anotação de Links, e Adaptação de Mapas.

Dentre os métodos de adaptação de conteúdo mais utilizados, a Explicação Adicional (EA) é um dos mais populares de adaptação e consiste em ocultar parte da informação sobre um certo conceito que não é relevante para o nível de conhecimento ou o interesse do usuário.

Outros métodos bastante utilizados são os da Explicação Requerida (ER), da Explicação Comparativa (EC), da Explicação Variante (EV) e da Classificação de Fragmentos (CF), que podem ser empregados para modificar a informação apresentada ao usuário

dependendo do seu nível de conhecimento sobre os conceitos relacionados (Brusilovsky, 1996; Brusilovsky, 1998; Palazzo, 2000).

O método da ER consiste na ordenação dos conteúdos de modo que a informação apresentada em primeiro lugar é pré-requisito para a seguinte. Desse modo, se um conteúdo é apresentado para explicação de um conceito, o sistema insere a explicação de todos os conceitos requeridos para o seu entendimento.

No método da EC, explora-se a similaridade existente entre dois conceitos. Portanto, se há um conceito similar ao conceito corrente como fragmento de texto ou mesmo em outro hiperdocumento, o usuário recebe uma segunda explicação comparativa. Desse modo, o usuário pode verificar as semelhanças e diferenças entre os dois conceitos, aumentando conseqüentemente seu poder de aprendizagem.

Na EV, levanta-se a hipótese de que as modificações no nível de recorte e atributos da informação não são indicadas como métodos de promoção para uma adaptação eficiente. Nesse método, é necessário confeccionar uma série de hiperdocumentos sobre um mesmo tema gerando um aumento de possibilidades.

A Classificação de Fragmentos (CF) consiste em ordenar fragmentos de informação sobre um conceito de modo que a informação mais relevante é apresentada em destaque.

Para utilização dos métodos citados, algumas técnicas podem ser aplicadas, tais como o Texto Condicional (TC), onde a informação é dividida em fragmentos e cada fragmento é associado a condições relacionadas ao nível de conhecimento do usuário, e do Stretchtext, um tipo especial de hipertexto onde há a possibilidade de expansão ou contração dos links para os fragmentos de textos associados.

Contudo, a técnica considerada mais eficiente é a representação por meio de frames, onde o conteúdo é fragmentado em frames e as informações adicionais como conteúdo similares, links, exemplos, dentre outros, são armazenados nos slots do frame.

Na navegação adaptativa, o objetivo é oferecer ao usuário a oportunidade de acessar os conteúdos que potencialmente podem ser de seu interesse e isso pode ser feito por meio da seleção de links mais importantes, ordenação ou ocultação (Palazzo, 2004; Brusilovsky, 1998).

Para fazer a análise dos links mais importantes, é possível fazer a geração de redes de informações quantizadas, onde cada ligação entre nodos possui um potencial de ativação gerado e atualizado a partir das características do usuário e da utilização dos mesmos. As redes de informações são formadas por nodos, ligações entre nodos e um conjunto de informações específicas de cada rede. Os nodos são classificados como entidades primitivas que podem ser unidades estruturais, semânticas ou referenciais do sistema e, neste trabalho, são definidos como cada tópico de um tema de um curso.

A quantização da rede pode ser feita de dois modos: retroativa e proativa. Na quantização retroativa é considerada a frequência de acesso dos nodos da rede, ou seja, cada ligação possui um valor associado e quando um usuário faz o caminho entre dois nodos da rede, é incrementado um valor predeterminado. Desse modo, a frequência de acesso promove uma quantização da rede inicial e indica as ligações mais importantes da rede.

A quantização proativa é uma complementação do processo em que são realizadas inferências sobre os acessos aos nodos da rede por meio das operações de fecho. Esse modelo apresentado por Palazzo (2000) possui base no conceito matemático de fecho e suas principais classificações: fecho cíclico, fecho transitivo, fecho sobrejetor e fecho sobrejetor inverso (HEYLIGHEN, 1988; PALAZZO, 2000; PALAZZO, 2004).

Outra alternativa no sentido de adaptação do conteúdo e navegação são os Sistemas Tutores Inteligentes (STI) que utilizam técnicas de inteligência artificial de modo a proporcionar um ambiente de aprendizagem que leve em consideração os diversos estilos cognitivos dos alunos (SLEEMAN & BROWN, 1982; NWANA, 1990; GIRAFFA, 1999; GIRAFFA et al., 2003; RISSOLI & GIRAFFA, 2006). Apesar de existirem algumas variações, os STI possuem uma arquitetura clássica similar à arquitetura dos SHA que envolve quatro modelos inter-relacionados: modelo do estudante; modelo do domínio de conhecimento; modelo pedagógico e modelo de interface (NWANA, 1990).

Com o objetivo de aumentar o potencial desses sistemas, diversas pesquisas estão voltadas no sentido de agregar esses dois sistemas dando origem aos Sistemas Educacionais Inteligentes e Adaptativos (BRUSILOVSKY & PEYLO, 2003; IGLESIAS et al., 2009; PHOBUN & VICHEANPANYA, 2010; FRAGELLI, 2012; ÖZYURT et al., 2012).

Design de sistemas de Hipermídia Adaptativa educacionais

Brusilovsky (2003) afirma que o segredo da adaptabilidade é “o conhecimento por trás das páginas”. Num sistema adaptável um número muito maior de variáveis de design e de conteúdo devem ser considerados quando comparado a um sistema não adaptável. Entre as diferenças do sistema normal para o sistema adaptativo, relevante destacar que num sistema adaptativo o conhecimento do modelo do usuário assim como as metas de aprendizagem são fundamentais para o seu sucesso. Para permitir que o sistema “conheça” o que está sendo apresentado em um lugar específico o designer deve especificar quais os elementos estão por trás, conectando assim o espaço de conhecimento com o hiperespaço de material educativo (BRUSILOVSKY, 2003).

As conexões entre o espaço de conhecimento e o hiperespaço de material educativo ampliam a complexidade do desenvolvimento do sistema não só em relação ao conteúdo e a estrutura do hipertexto, mas também em relação aos componentes visuais do mesmo. Diferentes aspectos de design são relevantes no desenvolvimento de sistemas de hipermídias adaptativas. De acordo com BERLANGA e GARCÍA-PEÑALVO (2008) os aspectos mais relevantes que os designers de sistemas hipermídia adaptativos devem considerar na adaptação de um sistema são: “o conhecimento do usuário, os objetivos do usuário, a experiência do usuário em outros campos de estudo (profissão, experiência, etc.), as preferências do usuário, características demográficas, informações sobre a interação do usuário com o sistema, bem como informações técnicas que afetam a funcionalidade do sistema (por exemplo, software, hardware, largura de banda, etc.)” (BERLANGA e GARCÍA-PEÑALVO, 2008). A tabela 1 mostra a classificação das características para a execução de adaptabilidade proposta por Berlanga e García-Peñalvo (2008).

Além desses aspectos citados por Berlanga e García-Peñalvo (2008), que dizem respeito às características do usuário e a tecnologia, também existem outros fatores relevantes como aspectos relacionados à representação visual. Essa relação, interface gráfica e aprendizagem, é estabelecida, dentre outros aspectos, por meio do estilo de aprendizagem do estudante. Muitos autores defendem que em um sistema educacional adaptativo deve ser considerado o estilo de aprendizado do estudante (Papanikolaou e Grigoriadou, 2004; Samia e Abdelkrim, 2012; Yang et al., 2013).

Categorias	Características
Objetivos de aprendizado	e.g. conhecimento, habilidades, atitude, competência
Demografia do usuário	Idade e língua
Características do usuário	Conhecimento prévio do usuário, estilo de aprendizagem
Preferências do usuário	Nível de detalhe, estilo de aprendizagem, nível do tipo de aprendizagem, estratégia de aprendizagem
Características de mídia	Características técnicas, comunicação, tipo de mídia, tipo de interatividade
Características de ajuste	Tipo de trabalho, espaço de trabalho

Tabela 1: Classificação das características para a execução de adaptabilidade. Adaptado e traduzido de Berlanga e García-Peñalvo (2008).

Com relação ao estilo de aprendizado do estudante em sistemas adaptativos de hipermídias educacionais, Papanikolaou e Grigoriadou (2004) apontam três assuntos essenciais: (i) o design de sistemas adaptativos com base nas informações de estilo de aprendizagem; (ii) a seleção de medidas adequadas do comportamento dos alunos que podem servir como indicadores de preferência; e, (iii) a análise qualitativa dessas medidas que podem apoiar a adaptação dinâmica do sistema durante a interação. Eles argumentam que “uma meta desafiadora no design, desenvolvimento e entrega de aprendizagem pode ser a acomodação das diferenças individuais dos alunos em termos de seus estilos de aprendizagem”.

Alguns estudos empíricos que estabelecem a relação entre o estilo de aprendizagem e o tipo e a forma de apresentação do conteúdo já foram desenvolvidos. Samia e Abdelkrim (2012), por exemplo, investigaram a adaptação da apresentação e da navegação do conteúdo de acordo com o estilo de aprendizagem e modelo da aprendizagem experiencial de David Kolb (1984). De acordo com o modelo de Kolb, existem quatro tipos de estilos de aprendizagem: divergentes (experiência concreta e observação reflexiva), assimiladores (conceituação abstrata e observação reflexiva), convergentes (conceituação abstrata e experimentação ativa), que se acomoda (Experiência Concreta e Experimentação Ativa). A partir desses estilos de aprendizagem, eles estabeleceram regras específicas de apresentação para cada um deles. Por exemplo, de acordo com eles, o estudante com estilo divergente tem melhor desempenho em situações que

exigem a geração de ideias, como por exemplo através de atividade de brainstorming, e tem interesses culturais amplos. Sendo assim, para este estilo de estudante é sugerido que apareça no topo da sequência de vídeo com uma página exemplo seguido por links para apresentação teórica e simulação interativa. A tabela 2 mostra uma breve descrição dos estilos de aprendizagem e respectivas regras, estabelecidas por Samia e Abdelkrim (2012) para cada estilo de estudante.

Os resultados da investigação utilizando o sistema hipermídia e-learning adaptativo focado em estilos de aprendizagem propostos por Samia e Abdelkrim (2012) mostraram que os estudantes tiveram uma performance significativamente melhor com este sistema. Os aprendizes também preferem usar o sistema com a adaptação para os estilos de aprendizagem. Os autores concluem que o uso de estilo de aprendizado deve ser utilizado como linha guia no desenvolvimento de sistemas de hipermídia adaptativos educacionais.

Outro estudo recente sobre sistema de aprendizado adaptativo considerou além dos estilos de aprendizagem os estilos cognitivos dos estudantes. Yang et al. (2013) apresentam um sistema de aprendizado adaptativo para adaptar tanto a interface do usuário quanto o conteúdo. Para tanto, eles utilizaram como base o modelo estilo cognitivo dependente (FD) e estilo cognitivo independente (FI), além das oito dimensões do estilo de aprendizagem de Felder-Silverman (i.e. ativo, reflexivo, sensorial, intuitivo, visual, verbal, sequencial e global). O sistema foi adaptado através do leiaute baseado em estilos cognitivos dos estudantes e também através do conteúdo baseado em seus estilos de aprendizagem. Em relação ao leiaute, a interface do usuário para os alunos FD foi projetada para mostrar menos informação ao mesmo tempo para evitar distraí-los, denominado “interface simples”. Além da interface ser mais simples, no FD o sistema mostra apenas as funções mais frequentes usadas pelos os usuários e os links relacionados ao conteúdo que está sendo estudado.

Estilo de aprendizagem	Descrição breve	Regra específica
Divergentes	Bom desempenho em situações que exigem a geração de ideias; veem situações concretas de pontos de vista diferentes; tem interesses culturais amplos e gostam de obter informações.	Aparece no topo da página de sequência de vídeo com um exemplo seguido por links para apresentação teórica e simulação interativa.
Assimiladores	Bons para compreender uma gama ampla de informações, são menos focados em pessoas e mais interessados em ideias e conceitos abstratos; preferem leituras, palestras, e explorar modelos analíticos.	Aparece no topo da página de exemplo com apresentação teórica seguida de links para simulação interativa e sequência de vídeo.
Convergentes	Bons para encontrar usos práticos para ideias e teorias; capacidade de resolver problemas e tomar decisões com base na busca de soluções; preferem lidar com tarefas técnicas e problemas do que com as questões sociais e questões interpessoais.	Aparece no topo da página de apresentação teórica com simulação interativa seguido de links para sequência de vídeo e exemplo.
Acomodados	Preferem aprender a partir de experiências concretas, gostam de finalizar os planos e envolvem-se em experiências novas e desafiadoras.	Aparece no topo da página de simulação interativa com sequência de vídeo seguido de links para exemplo e apresentação teórica

Tabela 2. Breve descrição dos estilos de aprendizagem e respectivas regras, estabelecidas por Samia e Abdelkrim (2012), para cada estilo de estudante.

Já a interface de estilo cognitivo independente (FI) apresentou mais informações para ajudá-los a fazer um levantamento exaustivo do conteúdo de aprendizagem, denominado “interface complexa”. Em contraste com o FD, no FI mais informações são apresentadas ao mesmo tempo e a interface apresenta todas as funções do sistema assim como os links de todo o conteúdo. Cada unidade de conteúdo contém um conjunto de componentes. Os componentes de uma unidade de conteúdo são classificadas em seis categorias: unidade de conteúdo, texto, exemplo, figura, fundamental, e suplementar. Tabela 3 mostra o Módulo de Conteúdo Adaptativo relacionado aos estilos diferentes de aprendizado e as regras dos componentes propostos por Yang et al. (2013).

Estilo de aprendizagem	Princípios de ajuste de conteúdo	Regras dos componentes
Ativo	Forneça exemplos para explicar melhor o conteúdo de aprendizagem; forneça exemplos ilustrativos que vinculem o conhecimento da vida real ou que mostre o processo de resolução de problemas.	Texto: fundamental Figura: fundamental Exemplo: fundamental + suplementar
Reflexivo	Relembre os alunos de revisar o que eles aprenderam; Encoraje os alunos a pensar em possíveis perguntas ou aplicações; Encoraje os alunos a escrever resumos ou anotações com base no que aprenderam em suas próprias palavras.	Texto: fundamental Figura: fundamental Exemplo: fundamental
Sensorial	Forneça exemplos específicos de conceitos e procedimentos, e descubra como os conceitos podem ser aplicados a aplicações práticas.	Texto: fundamental Figura: fundamental + suplementar Exemplo: fundamental + suplementar
Intuitivo	Fornecer interpretações ou teorias relacionadas com o conteúdo do curso; Lembre os alunos através de exemplos ilustrativos para abordar alguns conceitos fáceis de confundir.	Texto: fundamental + suplementar Figura: fundamental Exemplo: fundamental + suplementar
Visual	Forneça aos alunos mais materiais visuais, tais como diagramas, esboços, esquemas, fotografias ou fluxogramas.	Texto: fundamental Figura: fundamental + suplementar Exemplo: fundamental + suplementar
Textual	Forneça aos alunos mais materiais textuais.	Texto: fundamental + suplementar Figura: fundamental Exemplo: fundamental
Sequencial	Apresente os materiais de aprendizagem em uma ordem lógica.	Texto: fundamental + suplementar Figura: fundamental Exemplo: fundamental Escopo: um conceito ou aprendizado
Global	Permita que os alunos possam percorrer todo o capítulo para obter uma visão geral antes do aprendizado	Texto: fundamental com o resumo Figura: fundamental + suplementar Exemplo: fundamental + suplementar Escopo: um capítulo

Tabela 3. Princípios de ajuste do módulo de conteúdo adaptativo. Adaptado e traduzido de Yang et al. (2013).

No modelo proposto pelos autores, denominado: “Adaptação com critérios de Personalização Multi-Dimensional” os materiais de aprendizagem são personalizados com base no leiaute de apresentação. O framework do leiaute de apresentação consiste de 6 áreas: sistema de navegação reservado, conteúdo de aprendizagem, exploração do usuário, ilustração e extras, e duas áreas para a navegação do currículo. Os resultados experimentais mostraram que o sistema proposto pode melhorar os resultados de aprendizagem dos alunos. Além disso, os resultados mostraram que a carga mental dos estudantes (i.e. interações entre as tarefas de aprendizagem, conteúdos de aprendizagem e as características do conteúdo) foi significativamente diminuída e sua crença de melhoria de aprendizagem foi aumentada. Yang et al. concluem que o sistema é promissor e pode ser aplicado a outros sistemas.

Princípios de design da informação relacionados a SHAE

Apesar destes estudos mostrarem possibilidades de apresentação relacionadas ao estilo de aprendizagem e cognitivo do usuário, não foi encontrado estudo ou modelo que relacione os componentes visuais da interface com os estilos de aprendizagem e cognitivo. Sabe-se que os componentes visuais podem interferir no aprendizado dos estudantes. Considerando os sistemas adaptativos estes aspectos devem ser mais relevantes/ampliados. Com o objetivo de relacionar o método, conteúdo e os estilos de aprendizagem e cognitivo em sistemas de hipermídias adaptativas educacionais foi escolhido os princípios de design da informação propostos por Petterson (2012). Os princípios propostos pelo autor estão relacionados ao processo de design de sistemas. O processo começa com uma demanda que tem como objetivo produzir um design. Os processos de design são guiados por princípios de design e executados com a ajuda de ferramentas de design e são influenciados pelo contexto social.

Definições de como a atenção do estudante vai ser chamada ou prendida, como as informações serão processadas e também memorizadas são alguns dos aspectos essenciais para o sucesso do sistema. Estes, entre outros fatores, estão relacionados ao design da informação. Princípios do design da informação servem para auxiliar os designers na tomada de decisões.

Petterson (2012) propõe 16 princípios de design da informação que podem auxiliar os designers no desenvolvimento de sistemas de hipermídia adaptativos. Os princípios são

divididos em: funcionais, administrativos, estéticos, e cognitivos. Tabela 4 mostra os 16 princípios de design da informação propostos por Pettersson. A seguir os 16 princípios propostos por Pettersson são relacionados ao design de sistemas de hipermídia adaptativos no contexto da educação.

princípios funcionais	princípios administrativos	princípios estéticos	princípios cognitivos
definindo o problema	acesso a informação	harmonia	facilitando atenção
fornecendo estrutura	custos da informação	proporção estética	facilitando a percepção
fornecendo clareza	ética na informação		facilitando o processamento
fornecendo simplicidade	garantindo qualidade		facilitando a memória
fornecendo ênfase			
fornecendo unidade			

Tabela 4. Princípios de design da informação, divididos em quatro grupos, propostos por Pettersson (2012).

Dentre os princípios funcionais estão: definir o problema, e fornecer: estrutura, clareza, simplicidade, ênfase e unidade. A definição do problema está relacionado a organização do trabalho, análise do designer, análise do público-alvo, análise da mensagem a ser transmitida, e a seleção da mídia. Em um sistema adaptativo, conforme falado anteriormente, o conhecimento das características do usuário é essencial na definição do tipo de adaptação. O contexto no qual a mensagem é apresentada é essencial para o sucesso do sistema e, apesar de que em sistemas hipermídia as informações são dispostas de uma forma não linear, o contexto entre os fatores internos (e.g. relação entre o texto e as imagens) e externos (e.g. contexto social) podem influenciar a interpretação da mensagem.

A definição da estrutura do conteúdo, da sua hierarquia, e a forma como esta estrutura é apresentada são também elementos essenciais de um sistema adaptativo. Existem maneiras de destacar graficamente tanto a estrutura quanto a hierarquia definida. Variações na tipografia e na cor, por exemplo, podem deixar a estrutura de forma clara para os estudantes facilitando assim o entendimento do sistema. Ainda em relação

aos aspectos funcionais, muito relevante enfatizar a necessidade de simplicidade em um sistema educacional. Pettersson chama atenção para o fato de que simplicidade é, provavelmente, um dos princípios mais importantes no design da informação. De acordo com ele, a percepção, processo e memória da mensagem são facilitados quando a mensagem é transmitida de forma simples. Sendo assim, o designer deve dar prioridade para as linhas-guias relacionadas a simplicidade. São exemplos de linhas-guias relacionadas a simplicidade: use o guia de estilo e faça a mensagem compreensível para o público-alvo, e use cabeçalhos e outros elementos de textos de maneira consistente.

Outro aspecto funcional está relacionado a unidade na apresentação dos componentes educacionais. Consistência na interface é um princípio bastante comentado por pesquisadores e aparece por exemplo nas Regras de Ouro de Shneiderman et al. (2010) assim como nas Heurísticas propostas por Nielsen (1995). Unidade e consistência tanto na apresentação dos componentes quanto na escolha de palavras ou ações coerentes e padronizadas são aspectos relevantes no design de um sistema e interferem diretamente no sucesso da interface.

A forma de acesso ao conteúdo e quanto do conteúdo de sistema de hipermídia adaptativo são aspectos fundamentais de tais sistemas conforme explicado acima. Pettersson divide o princípio do acesso a informação em dois aspectos principais: os externos e os internos. Os aspectos externos estão relacionados o conteúdo será colocado no sistema, onde ele recomenda que os designers devem projetar para que o conteúdo “caiba” no sistema principal, utilize padrões internacionais, e considere aspectos de segurança. Os aspectos internos estão relacionados ao acesso ao conteúdo mais específico, onde definições de sistemas de busca e o contexto do conteúdo devem ser fornecidos, entre outros.

O segundo grupo de princípios propostos por Pettersson é denominado “Princípios Administrativos”. Esses princípios estão relacionados ao acesso a informação; ao custo de design, produção e pós-produção; ao respeito as leis de direitos autorais e às regras éticas; ao correto uso do conteúdo da mensagem. Em relação ao acesso da informação, Pettersson explica que independente da mídia o público deve ter acesso a informação quando precisar. São exemplos de linhas-guias para auxiliar o público a ter acesso a informação: considere aspectos sobre segurança da informação, e forneça um bom contraste entre a figura e o fundo. Sobre os custos da informação, ele argumenta que o designer deve ter controle sobre os custos de criação e produção do material informativo.

Em relação ao respeito às leis de direitos autorais e às regras éticas, Pettersson lembra que em muitos países todas as figuras com artístico ou científico mérito tem proteção por 70 anos depois da morte do dono do direitos autorais. Ele também chama atenção para o fato de que a “manipulação da imagem implica em controle impróprio da percepção das pessoas a uma dada realidade” e que apresentar uma imagem não autêntica como se fossem material de documentário real é proibido.

Finalmente, o autor enfatiza sobre a importância dos dados e fatos estarem corretos. Para tanto, ele recomenda as seguintes linhas-guias: estabeleça um sistema de controle de diferentes versões de documentos; revise o material, antes da sua produção, em relação a: credibilidade, o design gráfico, os objetivos de design, estrutura, estilo, e terminologia; e convide usuários para avaliar o material. O princípio da garantia da qualidade está estreitamente relacionado a um dos cinco princípios de excelência gráfica proposto do Tufte (2001), no qual é afirma que “excelência gráfica requer dizer a verdade sobre os dados”. Tufte argumenta que a rotulagem clara e detalhada pode ajudar a evitar a distorção e a ambiguidade.

O terceiro grupo de princípios proposto por Pettersson, “princípios estéticos”, está relacionado à arte, beleza, harmonia e proporção. Pettersson explica que a disciplina “Estética” objetiva estabelecer princípios gerais de arte, beleza, harmonia e proporção. Fazem parte deste grupo os princípios de harmonia e o de proporção estética. Ele explica que, harmonia significa que as decisões de design, e os elementos de design se encaixam, portanto existe harmonia num material informativo quando “todos os elementos de design se encaixam bem em conjunto e estabelecer relações harmoniosas”. Sobre proporção o autor afirma que enquanto o conceito proporção é basicamente matemático, o conceito proporção estética é muito mais um conceito subjetivo. Pettersson propõe as seguintes linhas-guias para o grupo princípios estéticos: desenvolva e use templates padrões para o design gráfico; encontre o equilíbrio entre os elementos de design; descubra as preferencias de proporções estéticas do público-alvo; tenha cuidado ao usar proporções de acordo com a seção áurea; nunca misture uso decorativo de cor com importância cognitiva.

O quarto e último grupo proposto por Pettersson é denominado “Princípios Cognitivos”. Neste grupo são incluídos os seguintes princípios: facilitando a atenção, facilitando a percepção, facilitando o processamento, e facilitando a memória. Pettersson argumenta que a linguagem complicada nos textos, imagens e forma gráfica podem prejudicar

o entendimento da mensagem. Ele afirma que os materiais devem facilitar a atenção humana, e dar ênfase a uma mensagem, resulta em atenção a ela. Desta forma, ele recomenda que para atrair a atenção os designers podem, entre outros recursos: usar cabeçalhos com palavras que vão chamar a atenção do público-alvo; fornecer fotos de pessoas, em particular de seus rostos; usar técnicas de destaque para aumentar informação relevante. Em relação ao princípio “facilitando a percepção”, Pettersson argumenta que percepção é uma característica fundamental da vida e que quando a mensagem é internalizada o receptor tem novas emoções, experiências, sentidos e conhecimento. Portanto, indivíduos podem interpretar a mesma representação de formas diferentes. Pettersson subdivide o princípio “facilitando a percepção”, em quatro seções: percepção do texto, percepção das imagens, percepção do layout, e percepção da cor. São exemplos de linhas-guia sobre percepção: use a lista de conteúdo para criar um entendimento prévio; forneça texto com uma linguagem rica para uma leitura agradável; certifique-se de que a distribuição do espaço reflita as relações; e use cores para melhorar a percepção de uma mensagem visual.

Por último, Pettersson explica sobre os princípios “facilitando o processamento mental” e “facilitando a memória”. O autor argumenta que a comunicação visual está se tornando mais importante devido ao aumento no número de decisões baseadas em imagens, e que a simplicidade na mensagem resulta numa mais fácil e eficaz, percepção, processamento e memória dessa mensagem. Para facilitar o processamento mental Pettersson recomenda, entre outros aspectos: projetar o texto para facilitar o processamento mental; usar desenhos de linha quando o tempo de estudo é limitado; fazer ligações estreitas entre representações verbais e visuais; limitar o número de códigos de cor. Já para facilitar a memória o autor recomenda: apresentar apenas um número limitado de elementos de informação ao mesmo tempo, fornecer conteúdos significativos, e apresentar texto e ilustrações em estreita ligação.

Linhas-guia para a escolha do método e do design de sistema de hipermídia adaptativos no contexto educacional

Os princípios de design descritos anteriormente podem auxiliar os designers de sistemas de hipermídia adaptativos educativos a criar interfaces mais fáceis, eficazes, além de mais atrativas. Baseado nesses princípios e também nos métodos e características de um sistema de hipermídia adaptativa educativos, são sugeridas linhas-guia para a criação

de SHAE. Elas têm como objetivo, apresentar aos desenvolvedores de design de SHAE aspectos-chave decisórios durante o processo de desenvolvimento. Ressalta-se que outros componentes de um SHAE não foram contemplados nas linhas-guias como, por exemplo, componentes relacionados ao conteúdo e mídia. Isso deve-se ao fato de que o escopo deste estudo está apenas relacionado ao método e o design de SHAE.

As linhas-guias foram divididas em dois componentes principais: método e design.

Linhas-guia para métodos de adaptação de conteúdos

Utilize o método Explicação Adicional (EA) para ocultar parte da informação sobre um certo conceito que não é relevante para o nível de conhecimento ou o interesse do usuário.

Utilize o método Explicação Requerida (ER) quando houver a necessidade explicar um conceito para o entendimento do conteúdo.

Utilize o método Explicação Comparativa (EC) quando houver um ou mais conceitos similares ao conceito corrente, para que o usuário verifique as semelhanças e diferenças com outros conceitos.

Utilize o método Explicação Variante (EV) quando as modificações no nível de recorte e atributos da informação não são indicadas como métodos de promoção para uma adaptação eficiente.

Linhas-guia para o design de SHAE

Defina o(s) estilo(s) de aprendizagem dos usuários e adapte o sistema para que mesmo atenda ao seu estilo.

Defina as características do usuário, como por exemplo, idade, faixa-etária, conhecimento prévio, background cultural, e considere-as quando escolher as características da interface.

Defina o propósito da mensagem de acordo com as necessidades do usuário.

Defina o design considerando as características e limitações da mídia.

Defina uma arquitetura de informação e a demonstre de forma clara no design da interface.

Investigue as preferências estéticas, de uso e funções dos usuários e as considere no design da interface.

Use tipografia, cor, imagens, leiaute e símbolos de forma legível e consistente.

Combine imagens com texto, e use legendas para explicar as imagens.

Use a cor para: enfatizar, mostrar similaridades ou diferenças, e auxiliar o usuário a achar informação.

Defina o design de acordo com as linhas-guia da plataforma / sistema, respeitando os seus padrões, copyright e regras éticas.

Defina os elementos de design considerando a proporção e a harmonia entre eles.

Utilize de recursos como: cabeçalhos, cor, negrito entre outros para chamar a atenção para partes específicas do conteúdo.

Peça para usuários em potencial testar o sistema em diferentes fases de seu desenvolvimento.

Considerações Finais

Este estudo buscou unir investigações de duas áreas distintas, mas que ao mesmo tempo trabalham em conjunto no desenvolvimento de sistemas de hipermídia adaptativos educacionais. Os métodos de adaptação de conteúdo que normalmente são investigados por cientistas da computação e os princípios de design que em geral são investigados por designers são aqui colocados juntos para que possam somar os conhecimentos e produzir sistemas mais acessíveis e eficazes. Apesar de que, normalmente, sistemas de hipermídia são criados por uma equipe multidisciplinar é muito importante que membros de um área conheçam e entendam os requisitos e princípios utilizados pelos outros membros da equipe. Este envolvimento tem reflexo tanto na redução do tempo de desenvolvimento, quanto no sucesso do resultado do sistema.

Conforme mencionado as linhas-guias propostas tem como objetivo auxiliar os desenvolvedores e designers no desenvolvimento de SHAE. Isto porque elas provêm um mapa genérico de aspectos e características relevantes relacionados tanto a escolha do método adaptativo quanto aos aspectos de design. Entretanto, é importante ressaltar que nem todos os aspectos decisórios estão relacionados nas linhas-guias e que elas podem sofrer modificações de acordo com as inovações tecnológicas e também mudanças em aspectos educacionais e de design.

Finalmente, observa-se pela revisão de literatura em SHAE que muito pouco vem sendo investigado em relação ao design de SHAE. Os princípios de design descritos neste estudo, apesar de pertinentes para SHAE, não foram criados especificamente para tais sistemas. A partir destes dados, conclui-se que mais estudos sobre o design de SHAE, principalmente relacionados aos elementos visuais e estruturais de tais sistemas, precisam ser desenvolvidos. Espera-se que com os resultados destes estudos possam ser estabelecidos princípios de design que auxiliem tanto os desenvolvedores quanto os designers na criação de tais sistemas.

Referências

- AKBULUT, Y.; CARDAK, C. S. Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: a content analysis of publications from 2000 to 2011. *Journal Computers & Education*, 58, 2 (2012), 835-842.
- AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Porto – Portugal: Plátano, 2003.
- BERLANGA, A. J.; GARCÍA-PEÑALVO, F. J. Learning Design in Adaptive Educational Hypermedia Systems. *Journal of Universal Computer Science*, 14, 22 (2008), 3627-3647.
- BRUSILOVSKY, P. "Methods and Techniques of adaptive hypermedia". *User Modeling and User Adapted Interaction*, v. 6, n. 2-3, p. 87-129, 1996.
- BRUSILOVSKY, P. Efficient techniques for Adaptive Hypermedia. In: Nicholas, C.; Mayfield, J. (Eds.). *Intelligent Hypertext: Advanced techniques for the World Wide Web*. Belin: Springer-Verlag, 1997.
- BRUSILOVSKY, P. Developing Adaptive Educational Hypermedia Systems: From Design Models to Authoring Tools. In Tom Murray, Stephen B. Blessing, Shaaron Ainsworth (Ed.) *Authoring*

- Tools for Advanced Technology Learning Environments. 377-409, 2003.
- BRUSILOVSKY, P.; PEYLO, C. (2003). Adaptive and intelligent Web-based educational systems. In P. Brusilovsky e C. Peylo (eds.), *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v.13, n.2-4, p.159-172, 2003.
- DINIZ, A.C. ; ROCHA, A. F. ; MOTA, K. M. ; FRAGELLI, R.R. . Uma Biblioteca de Hipermídia Adaptativa para Apoio ao Ensino. In: *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education: Organizing and Managing Project Based Learning*, 2012, São Paulo. *Proceedings of the Fourth International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2012)*.v. 1. p. 145-152, 2012.
- DOCHY, F., SEGERS, M., van den BOSSCHE, P., & GIJBELS, D. Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis. *Learning and Instruction*, v. 13, p. 533–568, 2003.
- FRAGELLI, R. R. Uma abordagem de Redes Quantizadas para Modelagem de Domínio em Sistemas de Tutoria Inteligentes. Brasília, 2010. Tese (Doutorado em Ciências Mecânicas) – Programa de Doutorado em Ciências Mecânicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- FRAGELLI, R.R. An Authoring System for Adaptive and Intelligent E-Learning Courses. *IEEE Learning Technology Newsletter*, v. 14, p. 16-18, 2012.
- GIRAFFA, L.M.M. Uma Arquitetura de Tutor Utilizando Estados Mentais. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Programa de Doutorado em Ciência da Computação, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 1999.
- GIRAFFA, L.M.M.; MARCZAK, S.S.; ALMEIDA, G.M. Supporting Teaching/learning activities using an environment based on virtual tools. In: *International Conference on Artificial Intelligence in Education AIED 2003*, 2003, Sydney. *XI International Conference on Artificial Intelligence in Education AIED 2003*. Sydney : School of Information Technologies, v. 7. p. 408-416, 2003.
- GOWIN, D. B. *Educating*. Ithaca, Nova York: Cornell University Press, 1981.
- HUANG, C.; CHUANG, Y. Supporting the development of collaborative problem-based learning environments with an intelligent diagnosis tool. *Expert Systems with Applications*, v.35, ed.3, out-2008, p. 622-631, 2008.
- IGLESIAS, A.; MARTÍNEZ, P; ALER, R.; FERNÁNDEZ, F. Reinforcement learning of pedagogical policies in adaptive and intelligent educational systems. *Knowledge-Based Systems*, 22, ed.4, 266-270, 2009.
- KOLB, D.A. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 1984.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M. A. *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em Sala de Aula*.

- Brasília: Universidade de Brasília, 2006.
- MULWA, C.; LAWLESS, S.; SHARP, M.; ARNEDILLO-SANCHEZ, M.; WADE, V. Adaptive educational hypermedia systems in technology enhanced learning: a literature review. In Proceedings of the 2010 ACM conference on Information technology education (SIGITE '10). ACM, New York, NY, USA, 2010: 73-84.
- NIELSEN, J. 10 Usability Heuristics for User Interface Design. 1995. <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>.
- NOVAK, J. D. A Theory of Education. Ithaca, Nova York: Cornell University Press, 1977.
- NWANA, H.S. Intelligent Tutoring Systems: an Overview. Artificial Intelligence Review. 3. 251-277, 1990.
- ÖZYURT, Ö; ÖZYURT, H.; BAKI, A.; GÜVEN, B.; KARAL, H. Evaluation of an adaptive and intelligent educational hypermedia for enhanced individual learning of mathematics: A qualitative study. Expert Systems with Applications, Volume 39, Issue 15, Pages 12092-12104, 2012.
- KYPARISIA A. PAPANIKOLAOU, K. A.; GRIGORIADOU, M.; KORNILAKIS, H.; MAGOULAS, G. D. Personalizing the Interaction in aWeb-based Educational Hypermedia System: the case of INSPIRE. User Modeling and User-Adapted Interaction, 13: 213-267, 2003.
- PETTERSSON, R.: It Depends: Information Design – Principles and Guidelines, 4th ed. Institute for Infology (2012), <http://www.iiid.net/PDFs/ItDepends.pdf>
- PHOBUN, P; VICHEANPANYA, J. Adaptive intelligent tutoring systems for e-learning systems. Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 2, Issue 2, Pages 4064-4069, 2010.
- RIBEIRO, L. R. de C. & MISUKAMI, M. da G. N. Problem-Based Learning: a student evaluation of an implementation in postgraduate engineering education. European Journal of Engineering Education, v.30, n.1, march 2005, 137-149, 2005.
- RIBEIRO, L. R. C. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na educação em Engenharia. Revista de Ensino de Engenharia, 27(2), 23-32, 2008.
- RÍOS, I. de los; CAZORLA, A., DÍAZ-PUENTE, J.M. & YAGÜE, J.L. Project-based learning in engineering higher education: two decades of teaching competences in real environments. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 2, ed. 2, p. 1368-1378, 2010.
- RISSOLI, V.R.V. & GIRAFFA, L.M.M. Aprendizagem Significativa Apoiada por um Sistema Tutor Inteligente usando Lógica Fuzzy. In: II Workshop de Arquiteturas Pedagógicas para Suporte a Educação a Distancia mediada pela Internet, 2006, Brasília. SBIE 2006 - WAPSEDI. Porto Alegre: FACED/UFRGS, v. 1, 2006.
- SAMIA, D.; ABDELKRIM, A. An adaptive educational hypermedia system integrating learning styles: Model and experimente. Education and e-Learning Innovations (ICEEL), 2012 International

Conference on Date of Conference: 1-3 July 2012: 1-6.

SHNEIDERMAN, B., PLAISANT, C., COHEN, M., JACOBS, S. Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction, 5th edn. Prentice Hall (2010)

SLEEMAN, D. & BROWN, J. S. Introduction: Intelligent Tutoring Systems. In: Intelligent Tutoring Systems. Orlando, Florida: Academic Press, Inc. 1-10, 1982.

TUFTE, E.R. The Visual Display of Quantitative Information. Graphics Press, Cheshire (2001)

YANG, T.-C., HWANG, G.-J.; YANG, S. J.-H. Development of an adaptive learning system with multiple perspectives based on students' learning styles and cognitive styles. Educational Technology & Society, 16 (4), 2013: 185–200.

Sobre os autores

Ricardo Ramos Fragelli. Doutor. Universidade de Brasília. Doutor em Ciências Mecânicas, com graduação e mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de Brasília. Professor do PPG Design da UnB, onde orienta pesquisas em design de informação e interação em ambientes educacionais, especialmente envolvendo Tecnologias de Informação e Comunicação, área em que recebeu oito prêmios nacionais.

fragelli@unb.br

Virgínia Tiradentes Souto. PhD, Universidade de Brasília. Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Design da UnB, é também membro do Departamento de Desenho Industrial e do Programa de Pós-Graduação em Arte, ambos da UnB. Tem mestrado e doutorado em Tipografia e Comunicação Gráfica pela Universidade de Reading, Inglaterra. Suas principais áreas de pesquisa são: Design de Informação e Design de Mídias Digitais.

v.tiradentes@gmail.com