

O QUE SÃO HIPERMÍDIAS ADAPTATIVAS E COMO RELACIONÁ-LAS COM A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA? (What are adaptive hypermedia and how to relate them with the meaningful learning theory)

Ângelo Mozart Medeiros de Oliveira [angelo.oliveira@bento.ifrs.edu.br]

Instituto Federal do Rio Grande do Sul

Bento Gonçalves, RS, Brasil

Marco Antonio Moreira [moreira@if.ufrgs.br] Instituto de Física

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, RS, Brasil

Resumo

Neste trabalho faremos uma apresentação do que é uma hipermissão adaptativa (H.A.) e uma tentativa de aproximar teoricamente a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel com os próprios funcionamentos de uma H.A., buscando uma fundamentação consistente para uma pesquisa sobre o assunto. Apresentaremos suas grandes potencialidades na área de pesquisa em ensino de Física. Por fim, esperamos também entender por que esta linha de pesquisa em ensino ainda não ganhou força no ensino de Física.

Palavra-chave: hipermissão adaptativa; ensino de Física; aprendizagem significativa.

Abstract

In this paper we will describe what is an adaptive hypermedia (A.H.) and an attempt to approximate the meaningful learning theory with the procedures of an A.H. looking for a theoretical framework for research in this area. We will suggest the great potentialities of this subject for research in physics teaching. Finally, we hope to understand why this research line in teaching still didn't gain impact in physics teaching.

Keywords: adaptive hypermedia; physics teaching; meaningful learning.

Introdução

Ao analisarmos o uso do computador em ensino de Física, vemos uma profusão de diferentes abordagens. Diversos estudos foram realizados com o intuito de gerar novos conhecimentos que auxiliem nosso entendimento sobre essa área da Física tão importante. As Hipermissões Adaptativas (H.A.) já possuem uma longa história de desenvolvimento, porém um programa de pesquisa nessa área, muito difundido em ensino de informática, ainda não ganhou espaço, embora merecido, em ensino de Física mediado por computador. Veremos o porquê que isto aconteceu.

Como o próprio nome diz, as hipermissões adaptativas têm a capacidade de se adaptar ao usuário, que neste caso é o aprendiz. Podemos dizer simplificada que uma H.A. é composta por três módulos: um *conteúdo*, um *modelo de usuário* e um *meio de hipermissão*. Ao longo do texto discutiremos cada um deles, mas vale aqui ressaltar a principal característica de uma H.A., e que a diferencia de outros tipos de hipermissão. Cada aprendiz possui dificuldades, interesses e preferências diferenciadas que estarão contidas no modelo de usuário. A H.A. será capaz de atender a uma demanda imposta pelo usuário, alterando sua estrutura de apresentação sempre consultando o modelo de usuário de forma autônoma. Essa demanda pode ser tanto uma explicação adicional, uma questão com menor dificuldade ou outra forma de adaptação.

A ideia de adaptação envolvendo hipermídias ou outros programas já é discutida na área do ensino de Física. Mas este conceito é multifacetado, razão pela qual pode ser encontrado em trabalhos bastante diversificados e é dependente da metodologia adotada pela pesquisa. Isto nos indica que não existe uma forma preferencial de adaptação, mas sim diferentes abordagens que auxiliam a pesquisa em ensino de Física mediado por computador.

Conceito de Adaptação

Embora não tenham utilizado diretamente o termo adaptação, Gobara et al. (2002) realizaram um trabalho com o programa chamado *Prometeus*, onde sugerem uma adaptação feita no conteúdo, pois segundo os próprios autores:

“O modus operandi do programa é o seguinte: o estudante escolhe uma dada situação e o programa simula tal escolha de acordo com as leis da Física corretas para aquele caso. Após alguns segundos, o programa para e congela a imagem na tela, perguntando ao estudante qual dentre as opções apresentadas é a correta. Após o estudante ter escolhido uma delas, o programa prossegue a simulação, mas desta vez seguindo a lei proposta pelo estudante. A nova trajetória dos vários objetos é calculada através da solução numérica da segunda lei de Newton, usando como força resultante aquela proposta pelo estudante. Após alguns segundos, o programa pergunta ao estudante se deseja continuar utilizando aquela simulação ou trabalhar em outra situação. As simulações podem ser repetidas quantas vezes o usuário desejar.” (Ibid.)

Outra forma de adaptação se refere à navegação pelo programa. Rezende, Garcia e Cola (2006) tentaram relacionar como as necessidades conceituais dos alunos de diferentes disciplinas adaptam sua navegação em um sistema hipermídia de Mecânica e Biomecânica. Bolacha e Amador (2003) realizaram um estudo em que avaliaram os tipos de aprendizagem que podem ocorrer quando um hiperdocumento é construído com uma estrutura hierárquica ou em rede. Concluíram que a estrutura hierárquica favorece as aprendizagens significativas subordinada e superordenada, enquanto que a estrutura em rede estimula a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Muitos trabalhos propõem avaliações como *feedback* (sugestões, navegação guiada). No caso de Filho e Silva (2002), a adaptação do conteúdo está na possibilidade do professor buscar elementos, durante a avaliação, que o ajudem a escolher a forma como o conteúdo será dado para cada aluno. Segundo Swaak et al. (2004), um estudo guiado sobre colisões, através de um hipertexto, conduziu a uma performance melhor do que um material com simulações, embora o tempo de interação tenha sido maior com o hipertexto. A adaptação foi feita através de *feedbacks* para cada resposta informada. Usando *previews* como uma forma de organizadores prévios, Cress&Knabel (2003) mostram que tanto na condição de entender um texto, tanto quanto possível, como também na condição de busca da informação, há um ganho de conhecimento maior. Resultados positivos obtidos dentro da linha de instrução guiada por computador também podem ser encontrados nos trabalhos de Gogulou, Gouli e Grigariadou (2008) e Liu & Hmelo-Silver (2009). Nestes casos, os trabalhos foram voltados para o ensino de ciências.

Lee et al. (2008) apresentaram uma investigação sobre o uso de *feedbacks* em um programa chamado *mastering physics*, onde os alunos resolviam questões de Mecânica. O diferencial do trabalho estava na proposta de utilizar a Teoria da Resposta ao Item (TRI) para avaliar os itens respondidos mais de uma vez, expandindo assim o uso do modelo logístico de uma dimensão. Os

autores conseguiram observar um aumento na habilidade dos alunos ao utilizarem sugestões de navegação.

Watkins et al. (1997) avaliaram que um tipo de instrução mediada por computador, onde o aluno pode navegar livremente, melhora a performance de alunos de Física do primeiro ano do curso de graduação. Dentre muitos fatores analisados, como o melhor desempenho de alunos que utilizaram o STOMP (Software Teaching of Modular Physics) em relação àqueles que passaram pela forma de ensino tradicional, verificou-se melhora evidente em alunos considerados mais fracos em conhecimentos.

Hipertextos são uma estrutura semântica não linear e não sequencial de nodos de informação, os quais são interligados em uma estrutura como uma página da internet (Cress&Knabel, 2003). Do ponto de vista cognitivo, pode-se afirmar que a forma como é construído um hipertexto permite que diferentes conceitos possam ser descritos através de diferentes perspectivas em diferentes contextos. Passamos a ter uma hipermídia a partir do momento que se utiliza imagens, sons, gráficos e filmes na construção do hipertexto. Um desafio da pesquisa e desenvolvimento de sistemas hipermídia é a seleção da melhor forma de representação e organização de seu conteúdo, para facilitar a navegação e a aprendizagem dos alunos (Struchiner, Ricciardi e Gianella, 2006).

Aceitando que os conceitos possuem uma forma hierarquizada na estrutura cognitiva do aprendiz, se faz necessário compreender também como ela é alterada, em função da educação e também do próprio cotidiano do aluno. Nogueira et al. (2000) apresentam uma analogia entre a evolução das linguagens de programação e as teorias cognitivas. Nesse contexto, o paradigma atual de programação é a chamada orientação a objetos (POO), no qual a arquitetura de programação tenta se aproximar das características do pensamento humano. Tal fundamento tem sido responsável por diversas pesquisas em inteligência artificial e sobre as próprias ciências cognitivas.

Existe a hipótese de que a estrutura de um hipertexto seja muito similar à arquitetura cognitiva humana (Spiro&Jeng apud Cress, 2003). Bolacha e Amador (2003) afirmam que

“a aprendizagem de conteúdos/conceitos complexos não pode ser feita apenas através de informação organizada de modo hierárquico, os cruzamentos e as relações entre vários conceitos são aspectos a realçar. A nosso ver, existe uma correspondência entre as aprendizagens significativas combinatórias de Ausubel e as aprendizagens por flexibilidade cognitiva quando devido à introdução de novos significados se reorganiza temporariamente, porque sujeita a constantes mudanças, a estrutura cognitiva do aprendente”.

Existe também o pressuposto de que os efeitos positivos da hipermídia no ensino são devidos à sua estrutura particular, que permite ao aluno uma navegação que depende de seu estilo pessoal de navegação (Fiorina et al., 2007). Seguindo essas linhas e obtendo bons resultados, muitos trabalhos podem ser encontrados na literatura quando o assunto é a busca de uma instrução personalizada de acordo com alguma(s) característica(s) do aluno (e. g., Papanikolau et al., 2002; Tseng et al., 2008; Lin et al., 2005; Huang & Yang, 2009; Alfonseca, Rodriguez & Pérez, 2007; Kelly & Tangney, 2006; Chang et al., 2009; Lilley, Barker & Britton, 2004).

Machado & Santos (2004) afirmam que a hipermídia tem o poder de manter o estudante no controle, onde ele é solicitado a realizar escolhas constantemente, além de poder abordar qualquer tópico. Com isso, sob a perspectiva motivacional, a hipermídia contribui para que o aluno não se sinta entediado durante suas ações; além disso, a possibilidade de utilizar diversas modalidades de mídias amplia as oportunidades de aprendizagem.

Existe uma linha de pesquisa sobre o uso de hipermídias no ensino que estuda a relação entre o estilo cognitivo do aprendiz e a sua forma de navegação. A suposição é a de que a navegação em uma hipermídia está associada ao estilo cognitivo do aprendiz. Geralmente, o estilo cognitivo é determinado a partir de questionários fundamentados em Chen & Macredie (apud Lee et al., 2005). O aprendiz pode ter um padrão linear ou não-linear de navegação e, a princípio, este padrão poderia ser determinado antes de qualquer contato do aprendiz com a hipermídia. Existem resultados positivos em trabalhos que tentaram verificar a relação entre a navegação na hipermídia e o estilo cognitivo em uma situação de aprendizagem (Calcaterra, Antonietti & Underwood, 2005; Lee et al., 2005), no entanto, Fiorina et al. (2007) não encontraram relação entre o estilo cognitivo e o comportamento na navegação. Paolucci (1998) já havia estudado a relação do estilo cognitivo com o desempenho de alunos utilizando uma hipermídia, porém sem resultados positivos. O autor ainda alerta que a estrutura rica em informação, que uma hipermídia possui, pode levar à distração.

Rezende & Barros (2008) apresentaram um estudo sobre a relação que existe entre o padrão de navegação em uma hipermídia sobre Mecânica e o conhecimento prévio do aluno. Resultados indicam que os alunos bem avaliados em um pré-teste, com o intuito de avaliar o conhecimento prévio, possuem uma navegação organizada, onde a hipermídia é usada como um banco de dados. Os alunos que tiveram dificuldades no pré-teste apresentaram tempos diferentes nas páginas sugerindo uma navegação conceitual, usando a hipermídia como um suporte para a aprendizagem. Por fim, os alunos que obtiveram um desempenho muito baixo no pré-teste apresentaram uma navegação desorientada, caracterizada pelo pouco tempo de interação com o conteúdo para que de fato ocorresse uma interação significativa. As autoras atribuem uma relação entre o padrão de navegação com os subsunçores ausubelianos.

Hipermídias Adaptativas

Segundo Viccari e Giraffa (2003) para ser considerado educacional, um programa precisa estar inserido em um contexto de ensino-aprendizagem. Devido à evolução dos recursos computacionais, se verifica a necessidade de adequar essa evolução aos ambientes educacionais que se mostram cada vez mais complexos. Um desses recursos que apresenta um futuro consistente é a aprendizagem adaptada às necessidades dos alunos através de ambientes de ensino-aprendizagem computadorizados (ibid.).

As CAI (*Computer-Assisted Instruction*) que surgiram na década de 1950, em suas versões iniciais eram baseadas em estudos educacionais vigentes na época (behavioristas). Isto significa que o ambiente era estruturado de tal forma que o aluno estudava um conjunto de lições previamente organizadas pelo professor de forma sequencial e com pouca interação (ibid.). Dentro do grupo das CAI se encontram algumas modalidades educacionais tais como os programas de reforço e os tutoriais, mesmo aqueles que se utilizam de recursos hipermídia, que continuam mantendo essas características. Por volta da década de 1970 surgem as ICAI dentro do programa de pesquisa em inteligência artificial (IA), assim os pesquisadores começaram a desenvolver sistemas adaptativos capazes de imitar a interação humana (Calvi& de Bra, 1998).

As pesquisas em hipermídia adaptativa foram iniciadas na década de 90. Os primeiros estudos tratavam de hipermídia e IA. Procurava-se explorar diferentes maneiras de personalizar os sistemas de hipermídia e nesse contexto destacam-se os trabalhos pioneiros de Peter Brusilovsky e Paul de Bra (Bugay, 2006). Segundo Palazzo (2008), uma hipermídia adaptativa deve ser: um sistema de hipertexto ou hipermídia, possuir um modelo de usuário e poder adaptar o próprio sistema a partir dos dados do modelo de usuário de forma autônoma.

Brusilovsky (2004) identifica três gerações de hipermídias adaptativas educacionais. A primeira geração que começou antes dos anos 90 e nessa época já havia iniciado a pesquisa sobre diversas maneiras de adaptar um hipertexto e uma hipermídia aos indivíduos. Problemas relacionados com a navegação e a apresentação foram identificados. Em pouco tempo, diversas técnicas de navegação e apresentação foram propostas, tais como a condução direta, ocultação e anotação. Brusilovsky & Pesin (1998) começaram a estudar métodos e técnicas de navegação usando o ISIS-Tutor, que era um sistema para ensinar programadores a linguagem utilizada pelo programa CDS/ISIS, uma espécie de banco de informações da UNESCO.

A segunda geração, que provavelmente ocorreu entre 1996 e 2002, atraiu a atenção de pesquisadores de diversas áreas, em especial sobre sistemas educacionais. Um fator que marca esta geração é a experiência acumulada dos pesquisadores da área e a boa fundamentação em trabalhos anteriores, ao contrário dos da primeira geração que não traziam referências a trabalhos similares. Um segundo fator que possibilitou o rápido crescimento da área foi o uso da rede mundial de computadores, a *Web*. No entanto, apesar de seu crescimento nesta geração, não foi possível influenciar significativamente trabalhos aplicados em educação (Brusilovsky, 2004).

Na terceira geração, a atual, diversas H.A. surgem integrando cada vez mais as novas tecnologias proporcionadas pela evolução da *Web*. No entanto, é notório o domínio dos Sistemas de Gestão da Aprendizagem¹ (SGA), onde um dos mais conhecidos atualmente é o MOODLE. Os SGAs são capazes de dar suporte às principais necessidades dos professores e alunos em um contexto de ensino *baseado na Web*². Isto por que os SGAs oferecem a monitoração da evolução dos alunos, assim como permitem a comunicação entre professores e alunos. Ainda podemos citar:

“The complete dominance of LMS over adaptive systems may look surprising. Actually, for every function that a typical LMS perform we can find an AWBES³ that can do it much better than the LMS. Adaptive textbooks created with such systems as AHA! ..., Inter Book... or Net Coach... can help students learn faster and better. Adaptive quizzes delivered by such systems as SIETTE ... and Quiz Guide ... evaluate student knowledge more precisely with less questions. Adaptive class monitoring systems ... give the teachers much better chances to notice students that are lagging behind. Adaptive collaboration support systems ... can enforce the power of collaborative learning.”(op.cit.)

Com isso, vemos que o problema atual dos sistemas adaptativos não está no seu desempenho, mas na sua inabilidade de responder às necessidades da prática educacional através da *Web*. O desafio para esta geração está na integração de novas tecnologias ao processo educacional (op.cit.); essa é a razão para encontrarmos muitos trabalhos em H.A. que versam sobre estilos de aprendizado.

Akbulut&Cardak (2012) realizaram uma extensa revisão da literatura em Hipermídias Adaptativas Educacionais (H.A.E.) em conjunto com estilos de aprendizagem entre os anos 2000 a 2011, envolvendo a análise de 70 publicações. A maioria dos estudos propôs um modelo de adaptatividade e muito poucos de fato aplicaram em situação real a H.A.E.. Com algumas exceções, trazidas por pesquisas experimentais que contavam com uma forte metodologia, se percebe que a influência do estilo de aprendizagem na adaptação ainda não é totalmente clara, isto porque existe a suposição de que as pesquisas, por incorporarem diversas perspectivas, acabam analisando sem o devido cuidado os dados encontrados para justificar o longo investimento que existe ao tentar implementar o estudo. É sugerido que a efetividade da pesquisa em estilos de aprendizagem com

¹ Do inglês: Learning Management System (LMS).

² Do inglês: Web-based.

³ AWBES: Adaptive Web-Based Educational System.

H.A.E., que se observa na satisfação, em atitudes positivas e motivação, poderia ser combinada com variáveis mais significativas, tais como o conhecimento prévio e a competência. Além disso, ainda são necessários trabalhos que envolvam memória de trabalho e estilos de aprendizagem.

Uma das características mais importantes das hipermídias adaptativas está no modelo de usuário, onde estarão armazenados seus objetivos, conhecimentos, preferências e necessidades. A ideia é que usuários com perfis distintos estarão interessados em diferentes informações dentre as apresentadas em uma página da hipermídia que deve possuir entre outras atribuições:

- proteger o aluno (usuário) do excesso de informações, ou mesmo de informações irrelevantes de acordo com o seu perfil;
- adaptar de forma autônoma o sistema com base nas informações contidas no modelo de usuário.

Existem muitos métodos e técnicas de adaptação elaboradas em H.A. desenvolvidos a partir dos anos 90, os quais podem ser classificados em diferentes níveis de adaptação (Koch apud Bugay, 2006):

- *Conteúdo*: consiste nas partes que contenham informação tais como os textos, imagens, vídeo, áudio e animações.
- *Navegação*: refere-se à organização do conteúdo.
- *Apresentação*: corresponde à forma de visualização do conteúdo e dos elementos interativos de hipermídia.

Podemos representar o processo de adaptação em três estágios. O primeiro deles se refere à interface chamada de *modelo de usuário* onde são coletadas informações necessárias à adaptação. O segundo é o *sistema adaptativo* que utilizando os dados do modelo de usuário é capaz de modificar a própria hipermídia. E o terceiro é a *coleta dos dados* do usuário que alimenta por sua vez o modelo de usuário. Este ciclo de processamento básico está representado na Figura 1.

Com isso, podemos ver que existe uma grande diferença entre uma máquina de ensinar (Skinner, 1972) e uma H.A. Na H.A. existe a possibilidade de tratar o erro à medida que o aluno avança na resolução de um problema. O modelo de usuário é constantemente atualizado de forma a apresentar ao aluno um conteúdo coerente com o seu nível de aprendizagem. É difícil afirmar em que ponto a hipermídia ou o aluno se adapta um ao outro devido à natureza de sua interação. Embora se saiba que numa dinâmica como esta o aluno poderia ter seu comportamento controlado, segue como um princípio o fato de que é a hipermídia que deve se adaptar. Em outras palavras, para que o aluno aprenda, é a H.A. que deve ter sua estrutura alterada para atender às suas necessidades. Logo, uma H.A. é diferente de sistemas CAI, que estão mais associados a métodos tradicionais comportamentalistas.

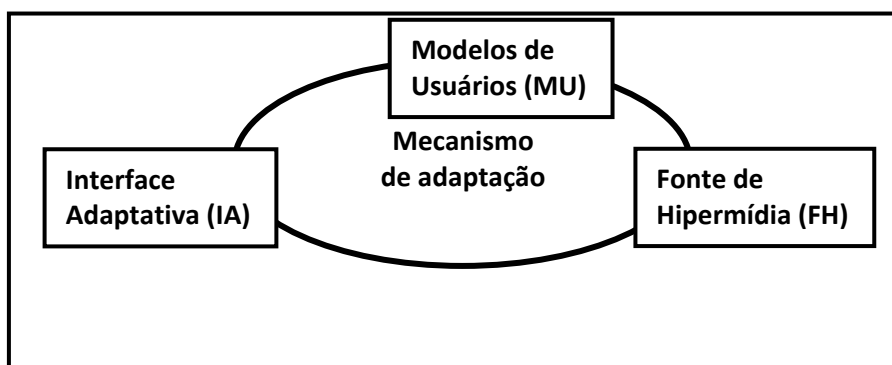


Figura 1: Componentes principais de um sistema de H.A. (Palazzo, 2000)

A pesquisa em H.A. situa-se nos estudos em hipermídia e modelagem de usuário (Palazzo, 2008). Diferentemente da ideia tradicional associada ao conceito de 'tutorial' em ensino de Física, um Sistema Tutorial Inteligente (STI) é um sistema adaptativo que incorpora técnicas de Inteligência Artificial (IA). Assim, segundo Vicari e Giraffa (2003) um dos objetivos dos STI é proporcionar ao aluno um ambiente adaptado, o que superaria alguns problemas em programas educacionais da atualidade. Um desses problemas seria a limitação imposta pelo *hardware*, que não permite que se tenha um dispositivo capaz de trabalhar com aspectos relativos aos sentidos. E também pelo simples fato de que não sabemos como é feito o processamento da informação dentro no nosso cérebro. Por isso, existe uma dependência entre H.A. ou STI com alguma teoria da psicologia cognitiva, para a construção de modelos de usuário. Segundo Bugay (2006), o uso de Hipermídias Adaptativas é aconselhável quando o hiperdocumento é razoavelmente grande e possa ser acessado por muitos usuários.

Agora que temos uma ideia geral dos elementos de uma HA, vamos conceituar de forma mais específica estes elementos. No próximo tópico vamos discutir alguns conceitos aplicados às H.A. Veremos que alguns deles poderão ser familiares aos desenvolvedores de páginas WEB, no entanto, para esse programa de pesquisa eles ganham significados mais precisos.

Conteúdo

O conteúdo de uma H.A. está relacionado diretamente com a informação que existe em determinados elementos de uma hipermídia. Aqui devemos fazer uma ressalva com relação à diferença entre técnica e método de adaptação.

Uma *técnica de adaptação* se refere ao nível de implementação do programa, mais diretamente relacionado a técnicas e opções da linguagem de programação adotada. Quando estamos desenvolvendo para a *Web*, estamos acostumados a relacionar hipermídia com linguagem de marcação *HTML*⁴, logo, surgem técnicas de adaptação como: variação de páginas, abordagem baseada em *frames*, texto condicional e *stretchtext*⁵ (Bugay, 2006).

Um *método de adaptação* é baseado em uma ideia clara de adaptação em um nível mais conceitual. Os principais métodos de adaptação de conteúdo são: *explicação adicional* (EA), *variação de conteúdo* (VC), *explicação requerida* (ER), *explicação comparativa* (EC), e *classificação de fragmentos* (CF). (ibid.)

A EA talvez seja o mais conhecido entre os métodos, pois consiste em mostrar apenas partes do conteúdo de acordo com a experiência do usuário. Por exemplo, dependendo da situação e do conteúdo, um usuário avançado poderia ser poupado de explicações básicas pormenorizadas; ou, ainda, para esse mesmo usuário uma explicação mais complexa poderia ser oferecida, que estivesse relacionada a outros conteúdos.

Navegação

Nesse nível de adaptação o objetivo está em organizar o caminho do usuário dentro da hipermídia. Não apenas organizar, mas auxiliar o usuário a encontrar este caminho. Geralmente, isto é feito alterando a apresentação dos *links*, que devem ser condizentes com seus objetivos,

⁴É uma abreviação para a expressão inglesa Hyper Text Markup Language, que significa Linguagem de Marcação de Hipertexto.

⁵ Uma técnica de programação HTML em que o conteúdo de um link pode ser expandido ou recolhido na mesma tela. Atualmente existem técnicas em JavaScript que produzem o mesmo resultado.

conhecimentos e outras características de seus usuários (Bugay, 2006; Palazzo, 2000). Com isso a adaptação está na estrutura de navegação ou como esta estrutura é apresentada ao usuário (Brusilovsky, 1996). Os métodos de navegação adaptativa são: *Condução Global* (CG), *Condução Local* (CL), *Suporte à Orientação Local* (SOL) e *Suporte à Orientação Global* (SOG).

A CG se aplica quando o usuário possui um objetivo geral, ou seja, a informação se encontra em várias partes da hipermídia. O objetivo da adaptação nesta situação é fazer o usuário encontrar o caminho mais curto para a informação desejada. Segundo Palazzo (2000), a CG é o objetivo primário do suporte à navegação. A diferença conceitual entre CG e CL está no alcance. Enquanto a CG se ocupa com o objetivo do usuário, a CL tenta sugerir *links* mais relevantes, propondo um caminho menor. Podemos ainda citar:

“Um caso especial de CG ocorre nos sistemas educacionais, onde o estudante tem um objetivo global, que é o objetivo do aprendizado. Este objetivo é diferente dos objetivos de informação, tendo em vista diversos fatores como a especificidade e profundidade do conhecimento em relação à informação. Sistemas educacionais adaptativos necessitam capturar a dinâmica do aprendizado em cada um dos seus usuários e providenciar a condução global tendo em vista esta dinâmica, retardando ou acelerando tópicos em função do feedback fornecido pelo usuário.” (ibid.)

Os suportes à orientação (SOL, SOG) parecem ocorrer quando o sistema de hipermídia possui uma quantidade muito grande de informação, ou possui etapas que devem ser respeitadas antes de serem acessadas. O SOL auxilia o usuário a entender seu posicionamento na rede do hipertexto local, de acordo com seu conhecimento ou seu objetivo. Este método é utilizado para limitar as oportunidades de navegação, evitando assim a sobrecarga cognitiva (ibid.), pois sabe-se que o excesso de informação dificulta a tomada de decisão. Em hipermídias educacionais costuma-se utilizar a ocultação de nodos de informação, os quais o usuário não está preparado a aprender. Também se costuma utilizar a ocultação de *links*. O SOG ajuda o usuário a compreender o sistema hipermídia como um todo. O SOG é muito comum em sistemas ditos não adaptativos, pois é obtido através de menus suspensos de navegação, frequentemente colocados no início de páginas ou acompanhando a navegação do usuário à medida que este se movimenta na página.

Quanto às técnicas de navegação adaptativa, Brusilovsky (1996) aponta para quatro tipos diferentes de classes. Todos eles se referem ao comportamento dos *links* na hipermídia e sua relação com o nodo ao qual faz referência. O primeiro deles é chamado de *links locais*. Eles são independentes do conteúdo do nodo e geralmente são apresentados como botões, uma lista ou pop-up. Por essa razão, os *links locais* são fáceis de serem manipulados. Diferente dos *links locais*, os *links contextuais* são representados por palavras ou frases que têm vinculação direta com o contexto. Pela sua natureza, os links contextuais dificilmente podem ser ocultados. *Links para índices e tabelas de conteúdos* são *links* que se conectam a nodos que só contêm outros *links*, são considerados como não-contextuais. Dependendo da hipermídia, convém utilizar representações gráficas do hiperespaço, o usuário poderia então navegar pelos nodos de forma visual. Esses links são chamados de *links para mapas locais e globais*. Agora que possuímos o entendimento sobre as diferentes classes de *links*, vamos analisar algumas técnicas de navegação adaptativas.

Segundo Palazzo (2000) possivelmente a *Orientação Direta* (OD) seja a mais simples das técnicas de adaptação da navegação. Ela consiste na determinação, em cada ponto de navegação, do melhor nodo a ser visitado de acordo com o modelo de usuário. Apesar de simples, esta técnica

possui um defeito: ela não oferece a possibilidade ao usuário de não seguir a sugestão da hipermídia, por essa razão esta técnica não deve ser empregada sozinha (ibid.)

A *Ocultação* consiste em restringir o espaço de navegação. Os nodos de informação que não são relevantes, de acordo com o modelo do usuário, são ocultados. De um modo geral esta técnica parece ser a mais fácil e óbvia de ser implementada, pois, como vimos anteriormente, se a função da H.A. é proteger o usuário de informações não relevantes, afastá-lo de um nodo mais complexo seria o caminho natural. Por diversas razões um nodo pode ser considerado não relevante, tudo depende do objetivo e/ou conhecimento do usuário. Observe-se que com relação ao objetivo não teremos problemas, pois se estamos interessados em ensinar um conteúdo de Física, o objetivo é a aprendizagem. Então nosso principal problema para ocultar determinado *link* é o conhecimento atual do aluno. Esta técnica pode ser usada com todos os tipos *links*.

Apresentação

Neste nível de adaptação, o objetivo principal é a modificação do *layout* da hipermídia. Geralmente, as mudanças na apresentação são acompanhadas de adaptações no conteúdo da hipermídia. O método da multi-linguagem (ML) permite adaptar a linguagem escolhida pelo usuário ou que seja dependente do contexto. Talvez seja mais comum ao usuário perceber as *Variações de Layout* (VL) de uma hipermídia. Sendo esse outro método de adaptação, ele reside na possibilidade de se alterar as cores, tipo e tamanho de fontes, tamanhos de imagens, orientação dos textos (Bugay, 2006).

Brusilovsky (1996) distingue dois tipos de técnicas de apresentação adaptativa. A Apresentação Adaptativa de Texto (AAT) é responsável pela mudança textual das páginas, incluindo-se dentro desta técnica as Variações de Páginas (VP), Variações de Fragmentos (VF) e a técnica Baseada em Frames (BF). A Apresentação Multimídia Adaptativa (AMA) sugere que o conteúdo multimídia possa ser adaptado a cada usuário, porém como o conteúdo de uma animação, áudio ou fragmento de vídeo não pode ser alterado, a adaptação aqui se refere à seleção da mídia.

A Teoria da Aprendizagem Significativa e as Hipermídias Adaptativas

Ao mesmo tempo em que falaremos sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), vamos relacioná-la com as estruturas de uma H.A. com o intuito de fundamentar uma metodologia voltada à pesquisa nesta área. É claro que as H.A. nasceram não vinculadas à TAS, no entanto veremos, que pela sua natureza, não é difícil gerar uma fundamentação consistente com esta teoria. O conceito-chave da teoria de David Ausubel (1968;2000) é a *aprendizagem significativa*. Preocupou-se principalmente com a função do professor e do aluno durante este processo, além de ressaltar a importância que existe no material didático. O conhecimento prévio é a chave para a aprendizagem significativa e deve estar suficientemente claro para que novos conhecimentos possam ser ancorados pelo já existente. Também existe a possibilidade dessas estruturas cognitivas serem alteradas pelo novo conhecimento, ou seja, a aprendizagem não só ocorre com a assimilação de novos conceitos, mas também com a reformulação deles. É um processo interativo.

Seguindo as palavras do autor, podemos entender quando que ocorre a aprendizagem significativa:

A aprendizagem receptiva significativa implica a aquisição de novos conceitos. Exige tanto uma disposição para a aprendizagem significativa como a apresentação ao aluno de material potencialmente

significativo. Esta última posição pressupõe, por sua vez, (1) que o material de aprendizagem por si só pode ser relacionado a qualquer estrutura cognitiva apropriada (que possua um sentido “lógico”), de forma não-arbitrária (plausível, sensível e não-aleatória) e substantiva (não-litera), e (2) que as novas informações podem ser relacionadas a(s) ideia(s) básica(s) relevantes já existentes na estrutura do aluno (Ausubel, Novak & Hanesian, 1980, p.34).

Podemos entender que para ocorrer aprendizagem significativa é de suma importância que as novas ideias, expressas simbolicamente, possuam importante relação com as informações adquiridas previamente. Dessa forma, é necessário que o novo conhecimento possa ser relacionado com uma base de conhecimentos já adquirida. Essa relação com aspectos relevantes da estrutura cognitiva já existente deve ser não-arbitrária e substantiva.

Por não-arbitrária devemos entender não só a presença de uma estrutura cognitiva adequada para dar significado à nova informação, mas também que a nova informação deve possuir suficiente correspondência com essa estrutura. Geralmente, exemplos, assuntos derivados ou generalizações podem se constituir como um conjunto de ideias mais relevantes que podem oferecer um encadeamento de informações mais coerente para o aluno. Este conjunto de informações pré-existent e relevantes dentro da estrutura cognitiva é chamado de *subsunoçores*. Isto nos remete ao modelo de usuário, pois nele estarão contidas informações sobre o aprendiz, o que claramente pode representar não apenas as preferências estéticas, como a cor ou disposição de *links*, mas também o nível de conhecimento sobre o assunto tratado. Tendo a expectativa de que um sistema de H.A. possa oferecer aos usuários que o acessam uma interface cujo estilo, conteúdo, recursos e *links* serão dinamicamente selecionados, podemos afirmar que a H.A. tenta antecipar as expectativas dos usuários fornecendo um conteúdo atualizado, subjetivamente interessante em tamanho e profundidade, adequado ao contexto em perfeita relação com o modelo de usuário (Palazzo, 2000).

Por substantiva podemos entender que a nova informação deve ser compreendida com a menor modificação de significado possível. Ainda que o aluno a relacione com outras informações, ao fim do processo, o conceito ou proposição a ser aprendido não deve possuir nenhuma forma relevante de alteração em seu significado.

Teoria da Assimilação

Para melhor entendermos esse processo, analisemos a teoria da assimilação proposta por Ausubel, isto porque a interação da nova informação com um subsunçor implica a modificação de ambos. Podemos representar esta interação com a Figura 2. A teoria da assimilação será importante em nosso estudo na medida em que propõe uma forma de como o novo conhecimento interage com a estrutura cognitiva.

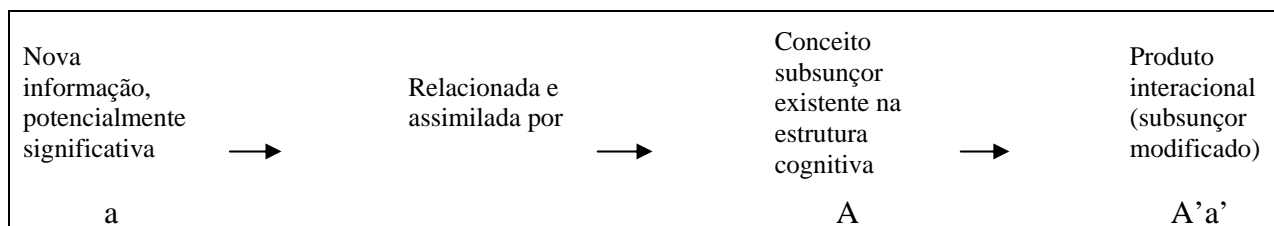


Figura 2: Diagrama com uma representação esquemática da teoria da assimilação de Ausubel. (Moreira, 1999, p.157)

Podemos afirmar que a essência da teoria da assimilação é a interação do novo conhecimento com aqueles já existentes na estrutura cognitiva. Para que ela ocorra, ideias mais inclusivas e amplamente explicativas ocupam uma posição de destaque, pois elas englobam ideias menos inclusivas. Dessa forma, a assimilação pode ser entendida como um processo que ocorre quando uma nova informação potencialmente significativa a , é assimilada por um conceito subsunçor mais inclusivo A . Como podemos ver, nessa interação tanto o conceito subsunçor como a nova informação são modificados. O novo conhecimento adquire significado e o subsunçor fica mais estável, mais diferenciado. O diagrama sugere que por certo tempo a nova informação fica associada ao conceito subsunçor. Assim, o seu significado depende agora tanto da sua definição original como também de sua relação com o subsunçor, apresentando este também uma modificação em sua estrutura. O diagrama apresentado propõe uma relação de subordinação da nova informação com uma estrutura cognitiva mais inclusiva. Este tipo de aprendizagem é chamado de *subordinada*.

O diagrama da aprendizagem subordinada também pode servir como uma analogia básica do processo que ocorre quando um aluno interage com uma hiperímia adaptativa. Podemos começar supondo que o conhecimento do aluno esteja representado pela letra A . Ao entrar em contato com uma nova informação (a), que neste caso representa o conteúdo apresentado pela H.A., favorecerá a ocorrência do produto interacional $A'a'$. Para que possamos entender a ocorrência deste produto é necessária uma medida, que pode ser uma resposta fornecida pelo aluno. Por exemplo, se considerarmos uma situação em que o aluno está respondendo questões de múltipla escolha, verificaríamos a interação entre A e a de acordo com a resposta correta ou incorreta do aluno; se correta poderíamos sugerir que houve tal interação. Certamente o aluno poderia responder a algumas questões e, de acordo com a frequência de respostas corretas, a suposição ganharia mais força. Contudo, o processo de interação com a H.A. seria também mediado a partir da modificação do conteúdo apresentado ao aluno e não apenas à dificuldade da questão. Isto significa que se o aluno for solicitado a responder uma questão, podendo consultar o material apresentado pela hiperímia, o processo de adaptação deveria levar em consideração o material consultado e o tipo de questão respondida. Com isto, teríamos dados para avaliar como determinado conceito estudado está sendo assimilado pelo aluno.

Voltando à TAS, o produto $A'a'$ pode ser dissociado durante certo tempo e isso explicaria o fato que as novas informações permanecem disponíveis. Dessa forma, a assimilação ou ancoragem possuem um período de retenção, em que é possível que elas sejam dissociadas em A' e a' . Além de favorecer a retenção de a' , neste período pode ocorrer a aprendizagem de novos significados e perda da capacidade de reproduzir ideias subordinadas (Ausubel, 2000). Por essa razão a assimilação dificilmente termina em si mesma, mas continua após a aprendizagem significativa, alimentando uma cadeia de significados cada vez maior. Numa H.A. este processo de dissociação não está claro devido ao processo de adaptação ser bastante rápido. Contudo, a atualização do modelo de usuário permitiria o diagnóstico com relação ao estado de conhecimento do aluno, assim, caberia ao professor interpretar se o aluno de fato reteve ou não a nova informação, de acordo com essas atualizações.

Os materiais aprendidos por simples memorização são internalizados e organizados de maneiras diferentes das formas significativas subordinadas, que auxiliam a aquisição e compreensão de novos significados, tais como a derivativa e a correlativa. Por outro lado, os materiais aprendidos por memorização mecânica formam entidades discretas e relativamente isoladas de toda a estrutura cognitiva do aluno de forma arbitrária e literal. Pela forma de adaptação apresentada, as H.A. podem favorecer uma forma significativa de aprendizagem, pois a tendência da memorização mecânica seria prejudicada pelo simples fato de que a hiperímia ofereceria um conteúdo diferenciado ao atual estado de conhecimento do aluno. Numa situação real é difícil afirmar com precisão quem se adapta a quem (o aluno ou a hiperímia), mas, naturalmente, pelo pressuposto que

temos controle apenas sobre o funcionamento interno de uma hipermissão, por princípio, é a hipermissão que deve se adaptar às dificuldades do aluno e não o contrário.

O próximo estágio ocorre quando não é mais possível a dissociação A'a'. Ocorre assim a assimilação obliteradora, atingindo-se o produto residual A'. Com isso, o resíduo dessa interação é um subsunçor modificado mais estável do que A'a', melhorando o processo de assimilação de novas informações. A estabilidade do produto interacional, pode ser verificada a partir do momento em que o modelo de usuário, de um aluno específico, se mantém estável com o passar do tempo, ou seja, à medida que novos conteúdos são apresentados e o desempenho do aluno mantém-se constante.

Ocorre aprendizagem *superordenada* (Figura 4), quando para o aluno é apresentado um conceito ou proposição, potencialmente significativo A, que é mais inclusivo do que os conceitos e proposições existentes na sua estrutura cognitiva (ideias estabelecidas). Além disso, ideias que já existem na estrutura cognitiva do aluno também podem ser reconhecidas como relacionadas, provocando uma reorganização desta estrutura, trazendo como consequência a aquisição de novos significados.

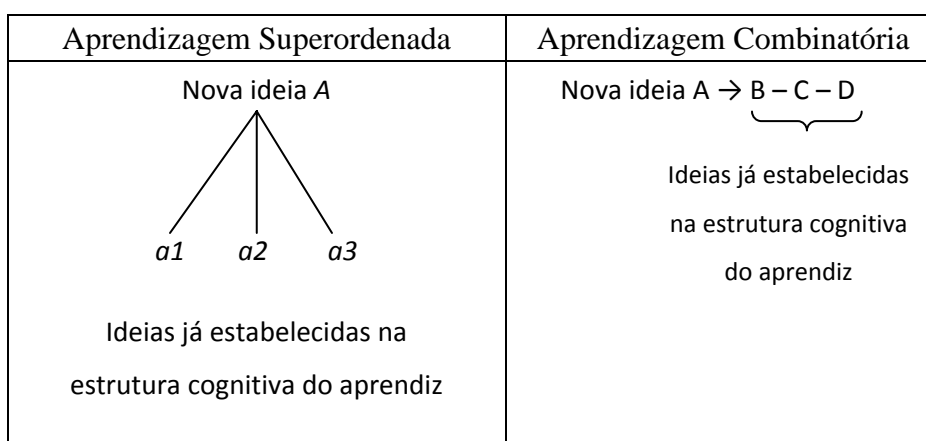


Figura 4: Diagrama com uma representação esquemática das aprendizagens superordenada e combinatória. (Ausubel, 2000, p.106)

Na aprendizagem *combinatória* (Figura 4), o processo de aprendizagem não guarda uma relação de superordenação ou subordinação entre as proposições e conceitos com a estrutura cognitiva do aluno. Ela ocorre através de uma relação mais geral, como se a nova informação fosse potencialmente significativa por ser relacionada com a estrutura cognitiva como um todo (Moreira, 1999). Em outras palavras, são potencialmente significativas, pois podem relacionar-se de modo não-arbitrário a um amplo armazenamento de conteúdo. Então, na combinatória os conteúdos não são relacionáveis a ideias relevantes particulares de uma estrutura cognitiva. Segundo Ausubel (1980), este é o tipo de aprendizagem que ocorre na maioria das generalizações novas que os estudantes aprendem em ciências, matemática, estudos sociais e ciências humanas (ibid., p.50). Como exemplo, podemos citar as relações entre massa e energia, calor e volume, estrutura genética e variabilidade que, apesar de adquiridas com maior dificuldade em relação à subordinada e superordenada, quando realizadas de forma satisfatória obtêm a mesma estabilidade cognitiva.

A TAS, então, apresenta três formas de aprendizagem: a *subordinada*, a *superordenada* e a *combinatória*. Vimos que Bolacha e Amador (2003) já haviam encontrado relação da estrutura hierárquica de uma hipermídia com as formas de aprendizagens subordinada e superordenada. As H.A. também permitiriam analisar essa relação a partir da evolução do modelo de usuário, mas isso fica como uma pergunta de pesquisa a ser respondida e longe de ser uma análise trivial. Mas a suposição de que a H.A. também poderia favorecer essas formas de aprendizagens ganha consistência teórica desde o momento que a adaptação é realizada a partir da ação do aprendiz com base no modelo de usuário. Mas na prática, a análise da evolução do modelo de usuário é que poderá indicar uma aprendizagem subordinada ou superordenada.

Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integradora

O processo de aprendizagem significativa subordinada nos leva a uma diferenciação cada vez maior do conceito subsunçor presente na estrutura cognitiva de quem aprende. Por esse motivo, este processo é chamado de Diferenciação Progressiva do conceito subsunçor. Assim, as novas informações são aprendidas de forma mais eficaz quando na estrutura cognitiva do aluno já existem ideias mais inclusivas e relevantes. Por essa razão, um determinado conteúdo de uma disciplina, que segue o princípio da diferenciação progressiva, deve inicialmente apresentar aquelas ideias mais gerais e inclusivas para depois serem diferenciadas progressivamente em termos de detalhe e especificidade. Acredita-se que essa seja a ordem natural de aquisição de consciência cognitiva e de sofisticação, quando somos expostos a determinados conteúdos (Ausubel apud Araújo, 2005). Dessa maneira, Ausubel se baseia em duas hipóteses:

- *É mais fácil para os seres humanos captar aspectos diferenciados de um todo, anteriormente apreendido e mais inclusivo, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas.*
- *A organização do conteúdo de uma determinada disciplina na mente de um indivíduo é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura e progressivamente incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados (ibid.)*

Por outro lado, nas aprendizagens superordenada e combinatória, as novas informações forçam a reorganização da estrutura cognitiva com o intuito de gerar novas estruturas de significados. A esse processo de reorganização Ausubel chama de Reconciliação Integradora. Podemos dizer que esses dois processos estão relacionados com a aprendizagem significativa, pois nela ocorrem os processos de diferenciação progressiva e a reconciliação integradora de forma dinâmica, ao mesmo tempo que ela pode ser ora subordinada, superordenada ou combinatória.

Vimos que na literatura existem trabalhos que relacionam a diferenciação progressiva e reconciliação integradora com a estrutura em rede de uma hipermídia. Em uma situação de aprendizagem utilizando-se uma H.A. devemos analisar a evolução do modelo de usuário. Durante a apresentação deste texto não destacamos o fato que o modelo de usuário contém informações que não são fixas. No momento em que há interação do aluno com o sistema de hipermídia, o modelo de usuário irá determinar a adaptação, ao mesmo tempo em que, de acordo com os resultados obtidos, ele mesmo será alterado para dar conta de alguma modificação no perfil do usuário, que nesse caso específico será o conhecimento do aluno. Logo, para avaliar a ocorrência da diferenciação progressiva e da reconciliação integradora devemos desenvolver um modelo de usuário capaz de nos informar de que forma o aluno está assimilando as novas informações, a partir do momento que se consiga identificar uma navegação em rede.

Considerações Finais

Apesar de ser pouco explorada na área de ensino de Física, as H.A. se apresentam como uma pesquisa promissora na área da cognição e no ensino, uma vez que podem ser utilizada com diferentes metodologias. Neste trabalho mostramos as diferentes conotações que o conceito adaptação toma quando vemos pesquisas em ensino de Física utilizando programas de computador ou hiperfídias. Apresentamos também as hiperfídias adaptativas e um pouco de sua história e desenvolvimento. Por fim, tentamos relacionar a teoria aprendizagem significativa com o uso e desenvolvimento das H.A., para tornar consistente um referencial de estudo nessa área.

As potencialidades são grandes, assim como o desafio inerente a esta área de pesquisa. Desenvolver uma H.A. não é uma tarefa simples, até porque é exigido do pesquisador um bom conhecimento em desenvolvimento de hiperfídia. Isto é necessário, pois não é desejável perder a característica técnica do desenvolvimento, pois saber os limites impostos tanto pelo *hardware* como pelo *software* são determinantes num processo de avaliação da própria execução do projeto.

A partir da fundamentação criada neste trabalho pretendemos desenvolver uma hiperfídia para uma pesquisa exploratória, com o intuito de conhecer melhor nosso objeto de pesquisa, que é o comportamento do aluno diante de uma situação de aprendizagem de Física mediado por uma hiperfídia adaptativa.

Bibliografia

- Alfonseca, E.; Rodríguez, P.; Pérez, D. (2007). An approach for automatic generation of adaptive hypermedia in education with multilingual knowledge discovery techniques. *Computers & Education*, v. 49, pp. 495-513.
- Akbulut, Y.; Cardac, C. S. (2012). Adaptive educational hypermedia accommodating learning styles: A content analysis of publications from 2000 to 2011. *Computers & Education*, v.58, n.2, pp.835-842.
- Araújo, I. S. (2005). *Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de Física Geral*. Tese (Doutorado Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Ausubel, D. P. ; Novak, D. J. ; Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro, RJ: Editora Interamericana LTDA. 615 p.
- Ausubel, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht, NL: Kluwer Academic Publishers. 232 p.
- Bolacha, E; Amador, F. (2003). Organização do conhecimento, construção de hiperdocumentos e ensino das ciências da terra. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 8, n. 1, pp. 31-52.
- Brusilovsky, P. (1996). Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction. Special issue on adaptive hypertext and hypermedia*, Dordrecht, v. 6, n. 2-3.
- Brusilovsky, P. Adaptive Educational Hypermedia: From generation to generation (Invited talk). Proceedings of 4th Hellenic Conference on Information and Communication Technologies in Education, Athens, Greece, September 29 - October 3, 2004, pp.19-33.
- Brusilovsky, P.; Pesin, L. (1998). Adaptive navigation support in educational hypermedia: An evaluation of the ISIS-Tutor. *Journal of Computing and Information Technology*, v.6, n.1, pp.27-38.

- Bugay, E. L. (2006). *O Modelo AHAM-MI: modelo de hipermídia adaptativa utilizando inteligências múltiplas*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Calcaterra, A.; Antonietti, A.; Underwood, J. (2005). Cognitive style, hypermedia navigation and learning. *Computers & Education*, v.44, pp. 441-457.
- Calvi, L.; De Bra, P. (1998). A flexible hypertext courseware on the web based on a dynamic link structure. *Interact with Computers*, v.10, p. 143-154.
- Chang, Y.C.; Kao, W.Y.; Chu, C.P.; Chiu, C.H. (2009). A learning style classification mechanism for e-learning. *Computers & Education*, v. 53, pp. 273-285.
- Cress, U.; Knabel, O. B. (2003). Previews in hypertexts: effects on navigation and knowledge acquisition. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 19, n. 4, pp. 517-527.
- Filho, J. B.; Silva, D. (2002). Buscando um sistema de avaliação contínua: ensino de eletrodinâmica no nível médio. *Ciência & Educação*, v.8, n.1, pp. 27-38.
- Fiorina, L.; Antonietti, A.; Colombo, B.; Bartolomeo, A. (2007). Thinking style, browsing primes and hypermedia navigation. *Computers&Education*, v. 49, pp. 916-941.
- Gobara, S. T.; Rosa, P. R. S.; Piubèli, U. G.; Bonfim, A. K. (2002). Estratégias para utilizar o programa Prometeus na alteração das concepções em Mecânica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.24, n.2, pp.134-145.
- Gogoulou, A; Gouli, E; Grigoraidou, M. (2008). Adapting and personalizing the communication in a synchronous communication tool. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 24, n. 3, pp. 203-216.
- Huang, S.L.; Yang, C.W. (2009). Designing a semantic bliki system to support different types of knowledge and adaptive learning. *Computers&Education*, v. 53, pp. 701-712.
- Kelly, D.; Tangney, B. (2006). Adapting to intelligence profile in an adaptive education system. *Interact with Computers*, v. 18, pp. 385-409.
- Koch, N.; Rossi, G. (2013). Patterns for adaptive Web applications. On-line. Disponível na Internet em: <<http://www.pst.informatik.uni-muenchen.de/personen/kochn/EuroPlop2002-Koch.pdf>>.
- Lee, Y.J.; Palazzo, D. J.; Warnakulasooriya, R.; Pritchard, D. E. (2008). Measuring student learning with Item Response Theory. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, v.4.
- Lee, C. H. M.; Cheng Y. W.; Rai, S.; Depickere, A. (2005). What affect student cognitive style in the development of hypermedia learning system? *Computers & Education*, v.45, pp. 1-19.
- Lilley, M.; Barker, T.; Britton, C. (2004). The development and evaluation of a software prototype for computer-adaptive testing. *Computers & Education*, v. 43, n. 9, pp. 109-123.
- Lin, C.B.; Young, S. S.C.; Chan, T.W.; Chen, Y.H. (2005). Teaching-oriented adaptive Web-based environment for support practical teaching models: A case study of “school for all”. *Computers & Education*, v.44, pp. 155-172.
- Liu, L.; Hmelo-Silver, C. E. (2009). Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 46, n. 9, pp. 1023-1040.
- Machado, D. I.; Santos, P. L. V. A. C. (2004). Avaliação da Hipermídia no processo de ensino e aprendizagem da Física: o caso da Gravitação. *Ciência & Educação*, v.10, n.1, pp. 75-100.
- Moreira, M. A. (1999). A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. In: *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU.

- Nogueira, J. S.; Rinaldi, C.; Ferreira, J. M.; Paulo, S. R. (2002). Utilização do computador como instrumento de ensino: uma perspectiva da Aprendizagem Significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 4, pp. 517-522.
- Palazzo, L. A. M. (2000). *Modelos Proativos para Hipermídia Adaptativa*. 114 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Palazzo, L. A. M. (2008). *Sistemas de Hipermídia Adaptativa*. Disponível em: <<http://ia.ucpel.tche.br/~lpalazzo/Aulas/IWS/m08/Recursos/hiperpdf.pdf>>.
- Paloucci, R. (2008). The effects of cognitive style and knowledge structure on performance using a hypermedia learning system. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, v.7, pp. 123-150.
- Papanikolau, K. A.; Grigoriadou, M.; Magoulas, G. D.; Kornilakis, H. (2002). Towards new forms of knowledge communication: the adaptive dimension of a web-based learning environment. *Computers & Education*, v.39, pp. 333-360.
- Rezende, F.; Barros, S. S. (2008). Students' navigation patterns in the interaction with a mechanics hypermedia program. *Computers&Education*, v. 50, pp. 1370-1382.
- Rezende, F.; Garcia, M. A. C.; Cola, C. S. D. (2006). Desenvolvimento e avaliação de um sistema de hipermídia que integra conceitos básicos de mecânica, biomecânica e anatomia humana. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 11, n. 2, pp. 239-259.
- Skinner, B. F. (1972). *Tecnologia do Ensino*. São Paulo, SP: Ed. Herder. 260 p.
- Struchiner, M.; Ricciardi, R. M. V.; Gianella, T. R. (2006). Construção e reconstrução de um sistema hipermídia sobre anticorpos monoclonais com base na estrutura cognitiva do especialista de conteúdo. *Ciência&Educação*, v. 12, n. 3, pp. 247-260.
- Swaak, J; Jong, T; Joolingeen, W. R. (2004). The effects of discovery learning and expository instruction on the acquisition of definitional and intuitive knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 20, n. 4, pp. 225-234.
- Tseng, J. C.R.; Chu, H.C.; Hang, G.J.; Tsai, C.C. (2008). Development of an adaptive learning system with two sources of personalization information. *Computers & Education*, v.51, pp. 776-786.
- Vicari, R. M. ; Giraffa, L. M. M. (2003). *Fundamentos dos Sistemas Tutores Inteligentes*. In: Dante Barone. (Org.). *Sociedades Artificiais: A Nova Fronteira da Inteligência nas Máquinas*. Porto Alegre: Bookman, v. 1, pp. 155-208.
- Watkins, J; Augusti, A.; Calcerley, G. (1997). Evaluation of a physics multimedia resource. *Computers Education*, 12, n. 3, pp. 165-177.

Recebido em: 11.02.15

Aceito em: 03.03.15