

Metodologia para desenvolvimento de um site com interface adaptativa usando redes neurais e a teoria das Inteligências Múltiplas

Andréa Teresa Riccio Barbosa¹, Fernando Mendes de Azevedo¹

¹Instituto de Engenharia Biomédica – Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis – SC – Brasil

riccio@ieb.ufsc.br, azevedo@ieb.ufsc.br

Resumo. Este artigo apresenta uma metodologia para realizar adaptação na interface de um site conforme as características do usuário, o conhecimento do especialista da relação característica do usuário-resultado final a ser apresentado, e a interação do usuário com o sistema. Para o desenvolvimento de tal metodologia foi definido que seria uma adaptação centrada na apresentação e a característica do usuário seria fundamentada na Teoria das Inteligências Múltiplas de Gardner. Para a realização de tal adaptação a metodologia propõe a utilização de uma rede neural do tipo MLP (Multi-Layer Perceptron) e uma rede neural do tipo IAC (Interaction Activation and Competition). Simulações iniciais têm apresentado resultados promissores. Todavia, de forma a avaliar e validar a metodologia, um protótipo de site adaptativo, focado num problema de Engenharia Clínica (apresentação de um equipamento médico-hospitalar) vem sendo desenvolvido, no sentido de fornecer a apresentação do material em diferentes mídias adaptando-se ao perfil / estilo do usuário.

Palavras-chave: Internet, Interfaces Adaptativos, Redes Neurais Artificiais, Inteligências Múltiplas.

Abstract. This article presents a methodology to accomplish adaptation in the interface of a site it conforms the user's characteristics, the specialist's of the characteristic relationship knowledge of the final user-result to be presented, and the user's interaction with the system. For the development of such methodology it was defined that would be an adaptation centered in the presentation and the user's characteristic would be based in the Theory of the Multiple Intelligences of Gardner. For the accomplishment of such adaptation the methodology proposes the use of a neural network of the type MLP (Multi-Layer Perceptron) and a neural network of the type IAC (Interaction Activation and Competition). Initial simulations have been presenting promising results. Though, in way to evaluate and to validate the methodology, a prototype of site adaptativo, it focalized in a problem of Clinical Engineering (presentation of an equipment doctor-hospitalar) it comes being developed, in the sense of supplying the presentation of the material in different mídias adapting to the profile / the user's style.

Key words: Internet, Adaptive Interfaces, Artificial Neural Networks, Multiple Intelligences.

Metodologia para desenvolvimento de um site com interface adaptativa usando redes neurais e a teoria das Inteligências Múltiplas

1. Introdução

Um dos meios de aquisição, tratamento, transmissão e disponibilização de informações que mais cresce, hoje, é a Internet, a qual se constitui em uma tecnologia de fundamental importância para a manutenção das atividades científicas e econômicas, permitindo a comunicação e interligação de uma boa parte do mundo habitado. Esta rede física de comunicação desenvolvida, instalada e utilizada, cada vez mais, em todo o mundo tem alterado profundamente as relações produtivas e sociais e, portanto, muitas pesquisas para seu desenvolvimento têm sido realizadas.

Desenvolver trabalhos, que melhorem a utilização ou as ferramentas disponíveis na Internet, auxiliarão uma grande quantidade de usuários e, possivelmente, muitos novos usuários se interessarão pelo seu uso. Principalmente se considerarmos que, no mundo atual, a educação continuada é não só uma necessidade mas uma exigência do mercado e, devido a custos, a Internet pode se viabilizar como um meio para a disponibilização de cursos, sistemas tutoriais, etc.

No entanto, em tais sistemas, hoje, um dos componentes mais importantes é a interface. Até o início dos anos 90, a interface era um elemento secundário em sistemas computacionais. Mais, ainda, criar uma interface amigável era um trabalho extremamente complexo e com requerimentos muito altos do ponto de vista dos recursos tecnológicos e do tempo. Além disto, tinha-se a concepção de que a interface do computador devia ser quase transparente para o usuário. Hoje, a explosão de tecnologias usadas para a construção de interfaces resulta na necessidade de personalizar seu uso, tornando o usuário o elemento central para o projeto deste importante componente [Curilem, 2002].

Por outro lado, no âmbito das ciências cognitivas, vários estudos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de identificar ambientes facilitadores de processos de ensino-aprendizagem [Brusilovsky, 1996]. As teorias resultantes permitem identificar tipos de aluno e ambientes compatíveis com eles. Portanto, os processos educativos devem permitir a adaptação do sistema à realidade do aprendiz. Por esta razão, a forma de apresentação deve ser flexível e adaptável aos diferentes interesses, culturas, níveis sócio-econômicos, idades, etc., dos grupos considerados.

Em nossa linha de pesquisas temos feito uso da Teoria das Inteligências Múltiplas, de Gardner, de forma a modelar o perfil do usuário em interfaces adaptativas com diferentes fins [Curilem, 2001, 2002, 2003; Barbosa, 2002, 2003]. Esta teoria é uma alternativa ao conceito de inteligência como uma capacidade inata, geral e única, que permite aos indivíduos uma performance, maior ou menor, em qualquer área de atuação. Segundo Gardner, todos os indivíduos possuem algumas “inteligências” mais evoluídas que outras e, se este indivíduo for “guiado” através destas inteligências terá maior capacidade de assimilação e aprendizado [Gardner, 2001].

Neste trabalho propõe-se uma metodologia para implementar um mecanismo de adaptação para interfaces adaptativas, em sites, utilizando-se redes neurais artificiais do tipo MLP (Multi-Layer Perceptron) e do tipo IAC (Interaction Activation and Competition). Para o desenvolvimento de tal metodologia o perfil do usuário está fundamentado na Teoria das Inteligências Múltiplas.

2. Hipermídia Adaptativa

Atualmente, a informática tem um papel de destaque na educação, pois procura tornar a compreensão e absorção de conhecimento mais fácil e consistente. Desta forma, há um aumento de interesse por parte dos educadores e aprendizes dinamizando o modo de se transmitir a teoria e simular a prática.

Há algum tempo os pesquisadores passaram a recorrer a técnicas de representação do conhecimento, métodos de inferência e estratégias de controle, visando buscar soluções para a questão da adaptação dos sistemas educacionais aos estudantes, individualmente.

Vários Sistemas Hiperídia (SH) e Sistemas Tutores Inteligentes estão sendo utilizados como ferramentas de apoio à aprendizagem. No entanto ambos ainda apresentam problemas: o Sistema Tutor Inteligente torna a tarefa excessivamente restrita ao comando do tutor, enquanto que o Sistema Hiperídia delega esta função ao usuário, deixando-o muito livre, falhando, muitas vezes, na tarefa de ensinar.

Surgiu, então, a Hiperídia Adaptativa (HA) para aumentar a eficácia educativa dos STI e SH, pois permite um meio termo entre o ensino fortemente guiado dos STI tradicionais e a livre busca do SH. Neste novo sistema utiliza-se a ação de um tutor que fornece, ao aprendiz, material a ser estudado de forma pedagógica, conforme o domínio e o modelo do estudante. O estudante pode pesquisar este e novos materiais segundo sua vontade, podendo recorrer ao tutor quando necessitar [Bugay, 2000].

Segundo Brusilovsky [1998], todos os sistemas hipertexto e de hiperídia que refletem algumas características do usuário no modelo de usuário e aplicam este modelo para adaptar vários aspectos visíveis do sistema para o usuário são sistemas de hiperídia adaptáveis. Ou seja, o sistema deve satisfazer três critérios: deve ser um sistema hipertexto ou hiperídia, deve ter um modelo de usuário e deve ser capaz de adaptar a hiperídia usando este modelo (isto é, o mesmo sistema pode parecer diferente aos usuários com diferentes modelos).

Portanto, a meta principal das técnicas de adaptação é adaptar o sistema para as necessidades específicas de um usuário. Para fazer isto, é necessário extrair ou se antecipar às exigências do usuário [Fernandes, 1998].

Opperman et al [1997] separam o conceito de adaptação, em sistemas computacionais, em adaptatividade (adaptativity) e adaptabilidade (adaptability). Sistemas adaptativos têm a capacidade de modificar automaticamente suas próprias características, de acordo com a sua percepção das necessidades e características pessoais do usuário. Sistemas adaptáveis oferecem ferramentas para que o usuário altere explicitamente certas características do sistema, a fim de adequá-lo ao seu comportamento.

O site com interface adaptativa baseada nas Inteligências Múltiplas do usuário, conforme a metodologia aqui proposta, também poderia ser denominado um sistema hiperídia adaptativo em apresentação, com adaptatividade e adaptabilidade conforme será exposto.

3. Teoria das Inteligências Múltiplas

Campbell [2000] define inteligência como uma ferramenta para aprendizagem, resolução de problemas e criatividade que todos os seres humanos podem usar.

Atualmente, alguns estudos apresentam uma visão de inteligência analisando os processos mentais e o potencial humano a partir do desempenho das pessoas em diferentes campos do saber.

A Teoria das Inteligências Múltiplas (IM) é uma alternativa para o conceito de inteligência como uma capacidade inata, geral e única, que permite aos indivíduos uma performance, maior ou menor, em qualquer área de atuação. Esta teoria foi desenvolvida em 1985 por Howard Gardner [Gardner, 2001].

Cabe frisar que esta noção de diferentes tipos de inteligência, já é usada no escopo da Inteligência Artificial, por outros pesquisadores [Wagacha, 2003].

As pesquisas de Gardner identificaram oito tipos de inteligências, denominadas Inteligências Múltiplas [Gardner, 2001]:

- **Linguística-verbal:** relacionada às palavras e à linguagem escrita e falada. Tecnologias de apoio poderiam utilizar-se de texto, som falado, comunicação verbal com outras pessoas, etc;
- **Lógico-matemática:** está relacionada ao raciocínio científico, intuitivo e dedutivo. Tecnologias de apoio utilizar-se-iam de gráficos, tabelas, analogia, etc;
- **Visual-espacial:** inclui a habilidade de criar imagens mentais e o senso de visão e a capacidade de visualização espacial de um objeto estão bastante desenvolvidos. Tecnologias que despertam interesses devem apresentar desenhos, ilustrações em 3D, realidade virtual, etc;

- Musical: baseia-se no reconhecimento de padrões tonais e numa sensibilidade para ritmos e batidas. Tecnologias de apoio são as que possibilitam a utilização de músicas;
- Cinestésica-corporal: relaciona-se com o movimento físico. No computador, estes interesses podem ser despertados através de observações de movimentos espaciais na tela e animações;
- Interpessoal: envolve a habilidade de trabalhar cooperativamente com outros num grupo e a habilidade de comunicação verbal e não verbal. Tecnologias de interesse seriam as que possibilitam atividades de trabalho cooperativo, aprendizagem em grupo ou em redes de computador.
- Intrapessoal: envolve o conhecimento dos aspectos internos do ser, como o conhecimento dos sentimentos, a intensidade das respostas emocionais. As tecnologias de apoio poderiam ser as que dão liberdade de escolha, por exemplo, através do uso de hipertexto ou hipermídia;
- Naturalista: consiste em observar padrões da natureza, identificando e classificando objetos, compreendendo os sistemas naturais e aqueles criados pelo homem. Como tecnologias de apoio poder-se-ia considerar as de telecomunicações as quais permitem que os alunos entendam o mundo que está além do seu próprio ambiente imediato e mostra-lhes como suas ações afetam seu mundo.

A metodologia aqui proposta para implementar adaptação em interfaces de sites adaptativos, de forma a informar, exercitar, desenvolver e, eventualmente, ensinar alguma atividade relativa ao objeto do site utiliza-se de quatro inteligências, dentre as oito acima citadas, quais sejam: Linguística-verbal, Lógico-matemática, Visual-espacial e Cinestésica-corporal.

4. Rede Neural IAC

A rede Neural do tipo IAC é uma rede conexionista apresentada, originalmente, por Rumelhart e McClelland [1989].

A arquitetura da rede neural IAC apresenta uma topologia particular com características de memórias bidirecionais hetero-associativas o que a torna bastante apropriada para a implementação de mecanismos de adaptação para interfaces adaptativas de Sistemas Tutoriais Inteligentes e Hipermídia Adaptativa. Ou seja, esta rede, em sendo recursiva, apresenta características tais como [De Azevedo, 2000]:

- Recuperação das propriedades de um conceito a partir de seu nome;
- Recuperação da descrição total de um conceito a partir de uma descrição parcial;
- Recuperação do nome de um conceito a partir de suas propriedades;
- Recuperação de generalizações apropriadas sobre o conjunto de conceitos.

Uma rede IAC, segundo sua arquitetura original, apresenta características específicas tais como os neurônios organizados em *pools* competitivos, cada *pool* representando um conceito ou característica, interligados por um *pool* escondido através de ligações excitatórias. Os neurônios de cada *pool* representam propriedades ou “valores” dos conceitos ou características (representados pelos *pools*). Existem duas classes de unidades: algumas que podem receber entradas diretamente de fora da rede e outras que não o podem. As primeiras são chamadas de unidades visíveis e as últimas são chamadas de unidades escondidas (aquelas pertencentes ao *pool* escondido). Nesta rede o usuário pode especificar um padrão de entradas para as unidades visíveis, mas, por convenção, não é permitido especificar entrada externa para as unidades ocultas [Sigaki, 1997].

A Figura 1¹ apresenta um exemplo da rede com 6 *pools* (*pools a,b,c,d, e e* escondido), sendo o *pool* central, denominado de *pool* escondido (este *pool*, em geral, é um espelho do *pool* de maior número

¹ Nesta figura, com o objetivo de facilitar a visualização, aparecem apenas as ligações do *pool a* (ligações inibitórias entre os neurônios e as ligações excitatórias com os neurônios do *pool* espelho). Nota-se que o *pool b* faz ligações idênticas as do *pool a* com o *pool* escondido, assim como o *pool c*, *pool d* e *pool e*.

de neurônios da rede). Nesta figura, o *pool* com maior quantidade de neurônios é o *pool* c com 5 neurônios. O *pool* espelho possui, portanto, 5 neurônios espelhos do *pool* c. Há conexões excitatórias entre todos os neurônios de diferentes *pools*, através do *pool* escondido (neurônios do *pool* escondido com todos os neurônios de outros *pools*), e conexões inibitórias entre neurônios do mesmo *pool*, ocasionando assim, um tipo de processamento competitivo. As conexões excitatórias entre os *pools* são bidirecionais e, devido a isto, acabam criando condições para o surgimento de um processamento iterativo, pois o processamento em um determinado grupo influenciará e também será influenciado pelo processamento que ocorre nos outros grupos da rede.

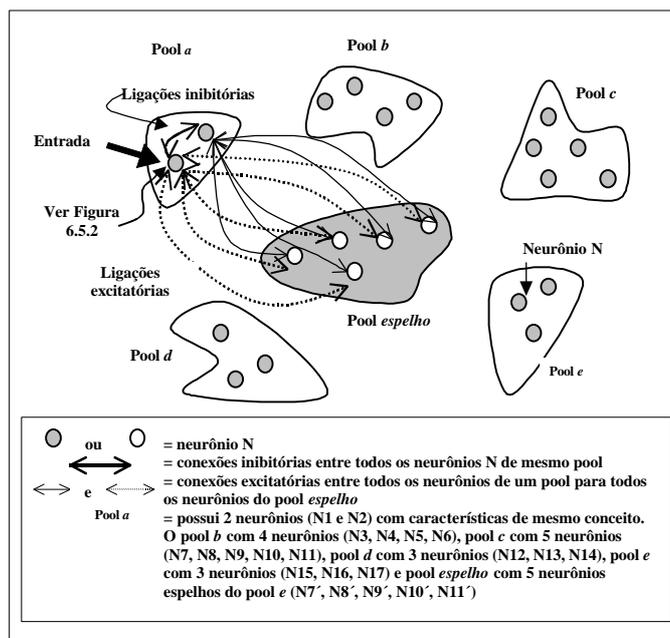


Figura 1. Representação da Rede Neural IAC. Os neurônios estão divididos em *pools*, sendo que o *pool* central (em cinza) é o *pool* oculto ou espelho e não recebe, portanto, excitação externa. Este *pool* é formado como um espelho do *pool* com a maior quantidade de neurônios. A representação desta figura apresenta a ligação de apenas um *pool*, mas todos os outros neurônios de todos os outros *pools* possuem a mesma ligação com o os neurônios do *pool* oculto e com os neurônios do mesmo *pool*. As ligações entre os neurônios de mesmo *pool* são inibitórias e a ligação entre os neurônios de um *pool* e os neurônios do *pool* oculto (*pool* espelho) são excitatórias.

Nesta rede, não há processo de treinamento e os pesos (que representam o conhecimento) são estabelecidos em uma matriz que representa as ligações entre *pools* diferentes, representando as relações existentes entre cada propriedade de cada conceito, através do *pool* interno (*pool* escondido), bem como a relação entre os neurônios de um mesmo *pool*. Os valores dos pesos podem ser 0, 1 ou -1 representando: nenhuma relação, existência de relação (apenas entre neurônios de *pools* diferentes) e relação de inibição entre os neurônios (apenas entre neurônios de mesmo *pool*), respectivamente.

Uma característica interessante desta rede é que qualquer neurônio, que não os do *pool* escondido, pode ser considerado entrada ou saída (bidirecionalidade) e não há uma quantidade fixa de neurônios a ser excitado (a entrada pode ser o conceito, todas as propriedades ou partes das propriedades).

Excitando-se um neurônio (propriedade de um conceito) a rede tende a procurar um novo estado de equilíbrio. As ativações de todos os outros neurônios, depois de encontrado o estado de equilíbrio, correspondem às saídas desejadas.

5. Metodologia

A metodologia proposta para a implementação de interfaces adaptativas, em sites, se baseia na utilização de redes neurais artificiais, tipo MLP (Multi-Layer Perceptron) e do tipo IAC (Interaction Activation and Competition) encarregadas, respectivamente, da adaptatividade e da adaptabilidade do sistema. Para a definição do perfil do usuário é utilizada a teoria cognitiva denominada Teoria das Inteligências Múltiplas. O mecanismo de adaptação proposto é estruturado em três módulos, quais sejam, o módulo do usuário, o módulo gerador de adaptação e o módulo interface, os quais serão explicados e detalhados a seguir.

5.1. Módulo do usuário

Para ser possível a realização da adaptação, com os requisitos desejados, os dados dos usuários são obtidos, no módulo do usuário e são utilizados para determinar as Inteligências Múltiplas do usuário. A identificação dos requisitos necessários para a determinação das referidas IMs está apoiada nos estudos de profissionais da área. Uma forma de identificação, dentre as diversas por eles desenvolvidas, é através da realização de um teste de múltipla escolha.

O teste aqui utilizado² foi aquele de Celso Antunes [2001], o qual apresenta um total de 150 perguntas de múltiplas escolhas para a determinação das oito Inteligências Múltiplas de um indivíduo. No entanto, aqui, somente quatro Inteligências Múltiplas são consideradas (Inteligências Linguístico-verbal, Visual-espacial, Lógico-matemática e Cinestésico-corporal) visto serem aquelas mais fáceis de associar diferentes mídias (texto, desenho, fluxograma e animações, respectivamente) na tecnologia de apoio implementada. Ou seja, para as outras quatro IMs (interpessoal, intrapessoal, naturalista e musical) é difícil associar uma mídia para apresentação de uma informação com o uso do computador. Faz-se necessário observar que esta “simplificação” não traz prejuízos posto, por um lado, as IMs não serem dependentes entre si, e, por outro lado, não haver evidências de que os indivíduos possuam um valor de IM que deva ser a totalização de todas as IMs, o que implicaria em perdas, caso algumas não fossem consideradas. Com essa simplificação, o teste de Celso Antunes se reduz a 80 perguntas, o que ainda se constitui numa quantidade excessiva, para um usuário responder, toda vez que acessar o site.

Por conseguinte, fez-se necessário reduzir o número de perguntas utilizando-se de técnicas estatísticas para que não se perdessem informações importantes. Quando o usuário acessa o site, este número reduzido de perguntas é apresentado e se faz a mensuração das IMs consideradas (as notas obtidas variam de 1 a 4, para cada IM, com incremento de 0,1). Faz-se importante observar que não há necessidade de precisão, nesta determinação, pois se o resultado da avaliação deste “teste reduzido” não representar corretamente o perfil do usuário, este será corrigido automaticamente pela própria interação do usuário com o sistema.

5.2. Módulo gerador de adaptação

Neste módulo será definida a mídia a ser apresentada para cada assunto do conteúdo. Tal definição se dá pelas redes neurais que modelam a interpretação de um especialista (por exemplo um pedagogo utilizando sua experiência ou seus conhecimentos de estratégias pedagógicas de aprendizado) que, através das notas de IMs obtidas no módulo anterior, define quantos assuntos, do conteúdo, serão apresentados em cada mídia

Este módulo, que é responsável pela adaptação, ou seja, pelas adaptatividade e adaptabilidade, do sistema, é implementado usando-se duas redes neurais artificiais que representam paradigmas diferentes de forma a refletir características distintas. Primeiramente, uma MLP, responsável pela adaptatividade, define automaticamente a quantidade de assuntos, do conteúdo, por mídia, a ser

² Observe-se que, mesmo que as marcações relativas às alternativas assinaladas pelo usuário durante a realização do teste sejam processadas neste módulo, o teste em si, faz parte do módulo de interface.

apresentada. Segundo, uma rede IAC, responsável pela adaptabilidade, modifica, eventualmente, a quantidade de assuntos por mídia a ser apresentada de acordo com as novas preferências do usuário. Observa-se que esta capacidade de adaptabilidade é, também, responsável pela não necessidade de precisão na determinação do perfil do usuário em função de suas IMs.

A rede neural do tipo MLP (*Multi-Layer Perceptron*), com algoritmo de treinamento *backpropagation*, tem como objetivo refletir o comportamento do especialista de domínio. Para que isto ocorra, o especialista deverá “fornecer” o conhecimento através de exemplos. Estes são fornecidos com o preenchimento de uma tabela com 124 indivíduos hipotéticos (numero este explicado posteriormente), na qual determina-se a quantidade de mídias que devem ser apresentadas, segundo cada nota de IM. Através deste conjunto de indivíduos com relação entrada/saída (nota/quantidade de mídias) desejada, a rede neural MLP é treinada.

Conseqüentemente, quando um novo indivíduo utiliza o site e suas notas de IMs são obtidas (através do teste respectivo no modulo anterior), o sistema determina, através da rede neural MLP, em qual mídia cada assunto deverá ser apresentado. Na verdade, como cada conteúdo é composto por diversos assuntos e cada assunto pode ser apresentado em qualquer dessas quatro mídias, o que o sistema faz, aqui, é definir quantos assuntos vão ser apresentados usando-se de cada dessas mídias, da mesma forma que o especialista o faria.

Aquela tabela, com os 124 indivíduos hipotéticos, acrescida dos valores gerados pela MLP para o novo indivíduo que está utilizando o site, é convertida em números “zeros” e “uns” de forma a este conhecimento ser representado na matriz da rede neural do tipo IAC (como nesta rede não há treinamento, o conhecimento é estabelecido através do preenchimento desta matriz).

A rede MLP apresenta uma arquitetura com três camadas, tendo 4 neurônios na camada de entrada, 6 na escondida e 4 na de saída. A função de saída na camada escondida é a logística e, na camada de saída, é a linear. O algoritmo de aprendizagem utilizado foi o Backpropagation com momento e estratégia de correção de erro a cada passo. Nas simulações realizadas bons resultados foram obtidos com taxa de aprendizagem de 0,05 e momento de 0,7. Com relação ao conjunto de treinamento, dos 124 indivíduos hipotéticos, 90 são utilizados para treinamento e os 34 restantes para teste.

A rede IAC, responsável pela adaptabilidade do sistema, modifica, eventualmente, a quantidade de assuntos por mídia a ser apresentada, de acordo com as novas preferências do usuário, ou seja, adaptando o sistema ao novo perfil do usuário. Portanto, se o usuário recusar visualizar o assunto na mídia sugerida pelo sistema (clicando no botão referente à outra mídia), a tela se modifica para a mídia escolhida. A partir deste evento, todas as mídias dos próximos assuntos poderão ser mudadas. Observe-se, todavia, que tais modificações não ocorrem nos assuntos já visitados mantendo-se, portanto, as mídias de apresentação, destes, em futuras consultas.

A arquitetura da rede IAC implementada (conforme Figura 3) apresenta um total de 10 *pools*. Quatro correspondendo as 4 IMs utilizadas (Inteligências Linguístico-verbal, Visual-espacial, Lógico-matemática e Cinestésico-corporal), quatro representando as quatro mídias consideradas (texto, desenho, fluxograma e animações), um representando os indivíduos (hipotéticos mais o usuário atual) e o ultimo, o *pool* escondido. Os quatro primeiros *pools*, os das IMs, possuem 31 neurônios, cada. Cada desses neurônios, em cada um desses quatro *pools*, representa uma nota que varia de 1 a 4 com incremento de 0,1. Os quatro *pools* das mídias possuem 17 neurônios cada e se referem a mídia a ser apresentada. Cada neurônio representa a quantidade de mídias a serem apresentadas (o mínimo é 1 e o máximo são 17 pois, para o estudo de caso implementado, foi estabelecido um conteúdo, dividido em 20 assuntos. Considerando que, no caso extremo, tenhamos três das quatro IMs com a nota mínima 1 e a outra com o valor máximo de 4, aquelas com nota mínima seriam apresentadas com uma única mídia cada e, a maior, seria apresentada com 17 mídias, totalizando, sempre, 20). O nono *pool* possui 125 neurônios, sendo que cada neurônio representa um indivíduo (a tabela com os 124 hipotéticos utilizados na rede perceptron e um novo indivíduo que é o usuário do site) e o décimo *pool* é um espelho do *pool* de indivíduos possuindo, portanto, também 125 neurônios.

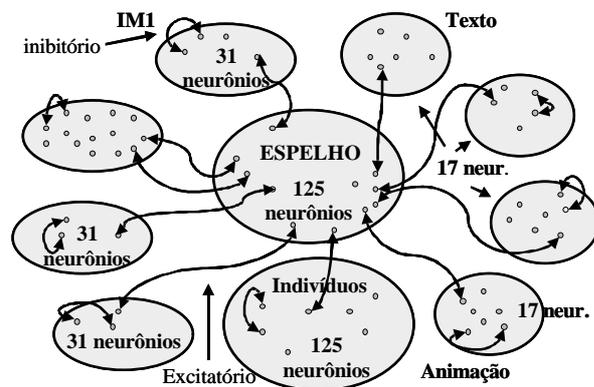


Figura 3. Topologia da rede neural do tipo IAC.

5.3. Módulo de interface

O site apresenta inicialmente o teste de múltipla escolha, o qual identifica o valor das IMs dos usuários. Para que os resultados do teste do usuário sejam armazenados em um banco de dados, o usuário deve, antes de iniciar o teste, escolher um *username* e o respectivo *password*. Os dados armazenados são aqueles obtidos da última interação do aluno com o sistema. O módulo de interface deve verificar se já existe o *username* e se o *password* fornecido é o mesmo do armazenado. Caso afirmativo, os dados de apresentação armazenados no banco de dados são obtidos, sem necessidade de que o usuário, que já tenha acessado o site anteriormente, refaça o teste. Observa-se que não foi utilizado, para a identificação do usuário, método baseado no IP da máquina, posto que, geralmente, uma máquina é utilizada por vários usuários como também um mesmo usuário pode se utilizar de várias máquinas (diferentes IP).

Após a realização do teste, as marcações são transferidas para o módulo do aluno, que as converte em notas, armazena o resultado em um banco de dados e as envia para o módulo gerador de adaptação. Este módulo, como já explicado na seção anterior, realiza o processamento e fornece as informações para o módulo de interface de como deve ser apresentado o conteúdo para o usuário (que tipo de mídia para cada assunto do conteúdo) e o site, então, é “montado” para o usuário. A primeira página que o usuário tem acesso, a página principal da interface, não é objeto de adaptação e nela se encontram o título, o menu (onde existem os links com os quais o usuário escolhe o assunto do conteúdo a ser visitado) e um botão “finalizar”.

O usuário visualiza o assunto escolhido na mídia (texto, desenho, fluxograma ou animação) definida pela rede neural MLP. Independente da mídia de apresentação definida, além do assunto pertinente, encontram-se cinco botões: texto, desenho, fluxograma, animação e retorno ao menu. Caso o usuário escolha uma mídia diferente daquela apresentada, o módulo de interface muda a mídia de apresentação. Concomitantemente, o módulo gerador de adaptação é acionado e a rede IAC, responsável pela adaptabilidade do sistema, modifica a quantidade de assuntos por mídia a ser apresentada, caso o estado de equilíbrio da rede IAC se modifique. Todo este processo de adaptabilidade é transparente ao usuário.

Quando o usuário clicar o botão “finalizar”, localizado na página principal, a condição de apresentação atual é armazenada no banco de dados e o site é finalizado.

6. Discussões e conclusão

A grande contribuição deste trabalho, sob o ponto de vista da Informática na Educação, se traduz na proposição e implementação de uma metodologia de adaptação da interface baseada num mecanismo constituído de redes neurais artificiais bem como na utilização de uma teoria cognitiva de forma a determinar o perfil do usuário. Este método pretende atender usuários com níveis de conhecimento,

habilidades no hiperespaço e experiências semelhantes, porém com perfis diferentes, considerando-se a Teoria das Inteligências Múltiplas. Ou seja, pretende-se com esta metodologia, contribuir com o estudo de interfaces adaptativas de forma a criação de ambientes ricos tanto para aprendizado como para obtenção de informações utilizando-se de computadores.

Esse método leva em consideração o modelo do usuário, as definições de um especialista (o qual estabelece como deve ser aplicada a teoria das Inteligências Múltiplas) e o comportamento do usuário durante sua interação com o sistema. Este utiliza uma rede neural do tipo MLP, que possibilita extrair o conhecimento do especialista a partir de exemplos (entrada/saída), associada a uma rede neural do tipo IAC que, conforme a navegação do usuário, realiza a adaptabilidade.

Um aspecto importante a ressaltar é que este método permite que um especialista (professor ou pedagogo) especifique sua estratégia didática e, caso seja necessário modificá-la, faz-se necessário apenas alterar a tabela em que são apresentadas as notas dos 124 indivíduos. Nesta tabela ele (o professor ou pedagogo) “especifica” sua estratégia pedagógica e o sistema automaticamente fará as adaptações necessárias, não necessitando fazer alterações dos códigos dos programas implementados.

Outra característica interessante desta metodologia é a escolha da rede IAC, já que esta apresenta características relevantes para a realização do *feedback* com o usuário. Além da bidirecionalidade, permite que qualquer neurônio seja ativado, ou seja, não são estabelecidos os neurônios que serão entradas e saídas (qualquer neurônio poderá ser entrada ou saída em cada interação, salvo os do *pool* escondido) e não há número fixo de neurônios a serem ativados. A rede também pode utilizar, na atual interação usuário com o sistema, os valores de ativações obtidas nas interações anteriores, possibilitando uma forma de “memorização” dos atos anteriores do usuário na determinação do estado atual. O resultado é obtido quando há uma estabilização dos valores de ativação (portanto após um determinado número de iterações ou ciclos da rede) possibilitando que a rede seja “resetada” antes de uma nova interação (ou consulta) usuário-máquina, ou que a rede não seja “resetada” antes dessa consulta. Neste último caso, na realidade a rede está, partindo de um novo “estado inicial”, considerando a consulta anterior na determinação da resposta à nova consulta.

O sistema foi, inicialmente, desenvolvido em MatLab de forma a se fazer avaliações iniciais, da metodologia desenvolvida, com relação a adaptatividade e adaptabilidade. Inicialmente, as redes foram testadas e avaliadas. A rede MLP respondeu corretamente, após aprendizado, ao conjunto teste. A rede IAC foi submetida a uma série de simulações e, qualitativamente, apresentou bons resultados. Numa segunda etapa, ainda em MatLab, foi implementado um teste que representava, de certa forma, os requerimentos do sistema a ser adaptado por este mecanismo. Para tal, foi definido um “pseudoconteúdo” contendo 20 “pseudoassuntos”, com características semelhantes a um sistema real, possibilitando, portanto, a simulação da interação usuário - máquina. Cada um destes “pseudoassuntos” foi implantado nas quatro mídias consideradas e, em cada tela a ser apresentada, nada havia além de um título refletindo o “assunto” e que mídia era aquela. Havia, ainda, em cada tela, botões referentes a cada uma das mídias consideradas, possibilitando a mudança desta. Portanto, na tela, cada “pseudoassunto” era apresentado na mídia definida pelo sistema e as mudanças eram observadas quando da escolha de outra mídia (apresentação do “pseudoassunto” na nova mídia escolhida e mudanças nas mídias de futuros “pseudoassuntos” a serem visitados). Os resultados dos diversos testes realizados foram bastante satisfatórios, mostrando que a metodologia proposta é promissora e esforços devem ser feitos para seu desenvolvimento. Desta forma, o próximo passo, consiste em definir um tema, preferencialmente na área de engenharia biomédica, desenvolver um site e realizar a avaliação e validação do sistema como um todo.

Referências

- Antunes, Celso (2001) “Como desenvolver conteúdos explorando as inteligências Múltiplas”, Editora Vozes, Fascículo 3, Petrópolis, RJ.
- Barbosa, A T. R.; De Azevedo, F. M. (2002) “Uma proposta de uma Metodologia para desenvolvimento de um Site com Interface Adaptativa baseada na Inteligência Múltipla do Usuário”, In: II Congresso Brasileiro de Computação, CBCComp2002, Itajaí, SC.

- Barbosa, A. T. R.; De Azevedo, F. M. (2003) “Uma Proposta De Uma Metodologia Para Desenvolvimento De Um Site Com Interface Adaptativa Baseada Na Inteligência Múltipla Do Usuário”, Artigo aceito no III Congresso Brasileiro de Computação, CBComp2003, Itajaí, SC.
- Curilem, G. M. J; De Azevedo, F. M. (2002) “Intelligent Tutoring system for Diabetes Education”, In: II Conferência Européia de Engenharia Médica e Biológica, EMBEC’02, Viena, Áustria.
- Brusilovsky, Peter (1996) “Methods and techniques of adaptive hypermedia” In: User Modeling and User-Adapted Interaction Journal, vol. 6, Pittsburg.
- Brusilovsky, Peter, Pesin, L. (1998) “Adaptive Navigation Support in Educational Hypermedia: An Evaluation of the ISIS-TUTOR” In: Journal of Computing and Information Technology.
- Bugay, Edson Luiz, Ulbricht, Vânia Ribas, (2000) “HiperMídia”, Editora Bookstore, Florianópolis, SC.
- Campbell, Linda; Dickinson, Bruce (2000) “Ensino e Aprendizagem por Meio das Inteligências Múltiplas”, 2ª Edição, Tradução: Magda França Lopes, Editora Artmed, Porto Alegre, RS.
- Curilem, G. M. J; De Azevedo, F. M. (2001) “Implementação Dinâmica de Atividades num Sistema Tutor Inteligente”, In: XII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Vitória, ES, pp 453-460.
- Curilem, G. M. J; De Azevedo, F. M. (2002) “Intelligent Tutoring system for Diabetes Education”, In: II Conferência Européia de Engenharia Médica e Biológica, EMBEC’02, Viena, Áustria.
- Curilem, Glória M. J (2002) “Metodologia para Construção de Interfaces Adaptáveis em Sistemas Tutores Inteligentes”, Tese de Doutorado, Instituto de Engenharia Biomédica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, SC.
- Curilem, G. M. J; De Azevedo, F. M. (2002) “Ergonomia Didática na Interface de Sistemas Tutores Inteligentes”, In: VI Congresso Ibero-americano de Informática Educativa, IE2002, Vigo, Espanha.
- De Azevedo, Fernando Mendes; BRASIL, Lourdes Mattos; OLIVEIRA, Roberto C. L., (2000) “Redes Neurais com Aplicações em Controle e em Sistemas Especialistas”, Visual Books, Florianópolis, SC.
- Fernandes, Valmir Tadeu (1998) “HiperMídia Adaptativa Tendências”, Campinas. Monografia do Departamento de Computação e Automação Industrial, Engenharia Elétrica – UNICAMP, Campinas, SP.
- Gardner, Howard (2001) “Estruturas da Mente”, Editora Artmed, Porto Alegre, RS.
- McClelland, J. L.; Rumelhart, D. E. (1989) “Explorations in Distributed Processing – A Handbook of Models, Programs and Exercises”, USA: Massachusetts Institute of Technology: Ed. Bradford Book.
- Opperman, Reinhard; Rashev, Rossen; Kinshunk, (1997) “Adaptability and Adaptivity in Learning Systems”, Knowledge Transfer, V. 2.
- Sigaki, N.A; de Azevedo, F. M.; Barreto, (1997) Enhancing Connectionist Expert Systems Using IAC Models Through Real Cases – Proceeding of The ICANNGA 97- 3TH International Conference on Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms – Norwick, UK.
- Wagacha, Peter Waiganjo (2003), ICS611 – Foundations of Artificial Intelligence, University of Quênia at Nairobi, Acesso em: 11 junho 2003, Disponível em: http://www.uonbi.ac.ke/acad_depts/ics/course_material/FoundationsofAI/ICS611FoundationsofAI.htm.