

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

SASHE: SISTEMA DE AUTORIA E SUPORTE HIPERMÍDIA PARA ENSINO¹

MARIA DAS GRAÇAS V. NUNES

RICARDO HASEGAWA

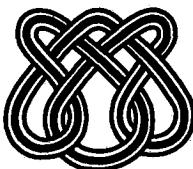
FABIANO MAGRIN DA COSTA VIEIRA

GUSTAVO H. ROSALEM DOS SANTOS

RENATA P. MATTOS FORTES

Nº 33

NOTAS



***SASHE: SISTEMA DE AUTORIA E SUPORTE
HIPERMÍDIA PARA ENSINO¹***

MARIA DAS GRAÇAS V. NUNES

RICARDO HASEGAWA

FABIANO MAGRIN DA COSTA VIEIRA

GUSTAVO H. ROSALEM DOS SANTOS

RENATA P. MATTOS FORTES

Nº 33

NOTAS DO ICMSC

Série Computação

SASHE: Sistema de Autoria e Suporte Hipermídia para Ensino¹

Maria das Graças V. Nunes²

Ricardo Hasegawa

Fabiano Magrin da Costa Vieira

Gustavo H. Rosalem dos Santos

Renata P. Mattos Fortes

{mdgynune, fabiano, rh, gustavos, renata}@icmsc.sc.usp.br

Departamento de Ciências da Computação e Estatística

Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos

Universidade de São Paulo

Resumo

Este relatório descreve o projeto e implementação de um Sistema de Autoria e Suporte Hipermídia para Ensino (SASHE), cujas características permitem que um autor de hiperdocumentos possa qualificar e organizar seus elementos constituintes (nós), de modo que o sistema resultante contenha funções adicionais à navegação tradicional. Tais funções incluem recursos para a localização contextual do leitor, bem como estratégias instrucionais dependentes dos valores dos atributos dos nós. Tanto o projeto quanto a implementação se beneficiam de características do Modelo dos Contextos Aninhados (MCA) (Casanova et al. 1991).

Palavras-Chave: Sistemas Hipermídia, Autoria de Aplicações Hipermídia, Hipermídia em Aplicações de Ensino.

1. INTRODUÇÃO

A grande revolução pela qual estamos atravessando na área de informática, proveniente de conseqüentes aprimoramentos tanto em hardware como em software, tem contribuído para a sedimentação dos sistemas hipermídia³. Desta forma, está mais fácil manipular as informações armazenadas em diferentes mídias, viabilizando cada vez mais sua utilização nas mais variadas áreas.

Aliado a este fator, há a massificação da utilização da Internet. A grande rede mundial, que hoje em dia é extremamente baseada em serviços de *World Wide Web* (WWW), faz com que a aquisição de conhecimentos através de documentos hipermídia seja uma atividade quase que do dia-a-dia. Fatores como estes incentivam um grande número de pesquisas na área, que procuram desenvolver novas técnicas e características a serem incorporadas aos sistemas hipermídia, buscando também novas áreas de aplicações. Porém uma das mais freqüentes utilizações dos sistemas hipermídia é no domínio do ensino e aprendizagem.

¹ Este trabalho tem o apoio financeiro do ProTeM-CC-II, CNPq, #680063/94-3

² Pesquisadora parcialmente financiada pelo CNPq, #301365/91.1

³ Estaremos usando o termo “hipermídia” para nos referir às aplicações tanto de hipertexto quanto de hipermídia.

Sendo capaz de criar um ambiente favorável para a busca de conhecimentos, a aplicação desta tecnologia na educação vem remodelando as formas de ensinar. Pesquisadores como Roger Schank (*The Institute for the Learning Sciences - Northwestern University*) já há algum tempo vêm focalizando seus trabalhos na utilização do “ensino digital” (Schank & Edelson, 1990). O relacionamento simbiótico entre o autor e o usuário, criado pela tecnologia hipermídia, tem criado novos métodos de interação e tem requerido o desenvolvimento de alternativas para o modelo tradicional de ensino (Staninger, 1994).

Dentre as características dos sistemas hipermídia que contribuem para o ensino/aprendizado podemos citar: 1) a fácil exibição e navegação de/por documentos extensos; 2) a individualização do ensino com relação ao aluno, onde a forma de acesso à informação segue interesses também do usuário; 3) a criação de um ambiente onde o estudante não se sinta intimidado ao cometer erros, aumentando sua interação com o meio que transmite a informação; 4) a capacidade de o usuário aprender e (re)definir relacionamentos entre os conceitos apresentados, através da percepção da estrutura lógica que define o documento.

Aliado a estes recursos, encontramos um modelo de aprendizagem baseado na exploração (Schank, 1990). Quando um estudante está interessado em um determinado assunto, ele normalmente gera questões. Com o auxílio dos sistemas hipermídia os estudantes podem obter respostas às suas perguntas exatamente na hora em que elas são geradas, através da possibilidade e facilidade de exploração do documento a ser estudado.

No entanto, também podemos encontrar alguns problemas na utilização de sistemas hipermídia neste domínio. Muitos artigos já trataram da superexposição de informações ao usuário e a passagem do controle sobre a apresentação do material, do autor para o estudante (Freitag & Sullivan, 1995) (Hannafin & Sullivan, 1995). De fato, a flexibilidade oferecida pode levar o usuário a se perder no hiperdocumento, bem como dificultar o encontro das informações desejadas. Experiências reais com alunos têm mostrado que, na instrução baseada em hipertextos, alguns alunos encontram dificuldades em ter que tomar muitas decisões e de saber navegar dentro das partes que compõem o material, fazendo com que se sintam desorientados (Shin et al., 1994).

As soluções para alguns problemas como estes podem ser encontradas nos chamados sistemas tutores inteligentes. Estes sistemas são programas de auxílio ao ensino projetados de forma a incorporarem técnicas de IA de modo a fazê-los capazes de saber o que ensinar, quem ensinar e como devem ensinar. Possuindo muitas características opostas às dos sistemas hipermídia, a utilização de alguns recursos tutoriais pode ajudar a contornar alguns destes problemas. Apesar de poderem ser bastante flexíveis e até usarem recursos hipermídia (eles até permitem que o usuário navegue a vontade em módulos especialmente projetados para isso), os sistemas tutores inteligentes possuem estratégias bem definidas quanto aos roteiros a serem seguidos pelos usuários (vide seção 2). Com isto, os estudantes, ao fazerem uso dos sistemas tutores, sentem-se guiados ou acompanhados por alguém. Baseado em idéias como estas, este trabalho estuda uma proposta para a extensão de um sistema hipermídia com alguns recursos de sistemas tutores inteligentes.

Pretende-se investigar a potencialidade do modelo hipermídia num ambiente de autoria e navegação quando acrescentado de alguns novos recursos que atuam em duas faces. A primeira visa o auxílio à autoria por parte de um autor (professor) de roteiros pré-planejados, que servirão de guias para o aprendizado de um determinado domínio. E a segunda, no auxílio à navegação por parte de um usuário (estudante), na intenção de viabilizar uma interação mais efetiva no contexto de ensino/aprendizagem.

Tomando por base o sistema Hip/Windows previamente construído (Nunes et al. 1996a, 1996b), o objetivo deste trabalho é o de complementar o ambiente de ensino (módulo do estudante) com funções diretas, não inseridas dentro das ligações (*links*), procurando: aprimorar a interação com o estudante, facilitar em situações de dificuldade ou dúvida, ajudar na procura de informações complementares, etc. Partes destas

funções representam as características de um sistema tutor que foram inseridas no sistema de navegação tradicional.

Também foram criadas novas estruturas no ambiente Hip/Windows visando o auxílio à autoria, no que se refere à criação de roteiros, criação de nós com funções específicas, classificação de nós terminais, etc. Um outro conceito utilizado para a autoria é o de reutilização de objetos. O autor tanto pode desenvolver todo o material que irá compor o hiperdocumento, como também pode partir de um documento já pronto. Este documento pode até ter sido construído por outra pessoa e desenvolvido com o pensamento explícito de servir como um repositório de objetos hipermídia. É com isto em mente que propomos facilidades para a composição de roteiros a partir de “visões” diferentes daquela que o professor tem em mente.

Uma outra característica importante desta proposta é que, por não se basear em nenhuma modelagem do domínio, hiperdocumentos sobre quaisquer assuntos podem ser gerados. Esta generalidade, apesar de bastante desejável, faz com que o ambiente apresente algumas limitações pela falta de conhecimento do domínio. Estas limitações procuraram ser contornadas por meio de mecanismos de indexação bastante utilizados nesta área.

Finalmente, esse quadro de propostas foi desenvolvido e implementado no ambiente SASHE, com a utilização das linguagens de programação Borland Delphi e Visual C++, pela equipe do ICMSC-USP do projeto ProTeM/HyperProp (Soares et al. 1995).

Este relatório está organizado de tal forma que a seção seguinte discute a questão do controle do sistema e/ou do usuário em aplicações no ensino, e sugere o uso de roteiros que estabeleçam um equilíbrio deste controle. A seção 3 discute o uso de nós de contexto e de atributos de nós como meios de se alcançar as metas definidas anteriormente. A seção 4 faz um resumo das principais diferenças entre sistemas hipermídia tradicionais e sistemas tutores inteligentes, visando esclarecer os pontos a serem atacados pela implementação do sistema que é apresentado na seção 5. Formas de generalização do sistema apresentado são discutidas na seção 6. Finalmente, a seção 7 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

2. SISTEMAS HIPERMÍDIA PARA O ENSINO

A flexibilidade de acesso à informação junto com a capacidade de exploração (navegação) de hipertextos fazem com que estes sistemas se tornem bastante atrativos para a utilização como programas de recuperação de informação. Sob esta perspectiva, quanto mais controle o usuário tiver sobre o material a ser examinado, maior chance de sucesso haverá na interação com o sistema.

Seguindo essa linha de raciocínio, a tecnologia de hipertexto chama também a atenção dos desenvolvedores de programas para instrução, pois seguir caminhos que o autor pré-estabelece, ou seguir seus próprios caminhos de acordo com seus interesses, faz com que o usuário (estudante) passe a ser ativo e não passivo, ocupando um papel participante em seu próprio aprendizado. O estudante torna-se, assim, o foco de atenção dos sistemas de instrução, ao invés do material didático, como tem sido comum em aplicações desta natureza.

Idéias como estas produzem argumentos favoráveis a uma liberdade total da exploração do material instrucional. O controle que o estudante tem possibilita-o a realizar escolhas que afetam o andamento do aprendizado, o que resulta num cenário em que a atividade de estudar se torna mais pessoal e interessante, com o estudante se sentindo mais competente. Ao ter controle sobre o aprendizado, o estudante pode aprender melhor como estudar.

No entanto, atualmente vários experimentos têm mostrado justamente o contrário. Tem-se notado que existem situações em que o usuário apresenta melhor rendimento quando é guiado ou orientado de alguma forma.

Também se argumenta que existe pouca evidência empírica que mostre uma contribuição educacional relevante na “liberdade total”. Com base em indagações como estas, surgem idéias de complementação para os sistemas hipermídia, que visam realizar um acompanhamento do aprendizado e, para tanto, um maior controle do programa sobre o aprendizado torna-se necessário.

No entanto, é muito comum tratar fatos como estes somente focalizando as necessidades de alteração e inclusão de recursos sob o ponto de vista do aprendiz, esquecendo-se um pouco das necessidades do autor (professor). Ponderar o controle a ser oferecido ao usuário também faz parte das tarefas de um professor. Defende-se, aqui neste trabalho, a necessidade de se oferecer ao autor-professor a capacidade de determinar “quando” e “quanto” de controle deve ser atribuído ao estudante. Desta forma, pretende-se criar um ambiente de autoria que possibilite ao autor a criação de roteiros que incluam porções relevantes em relação aos objetivos tanto do autor como do grupo de usuários a que a aplicação se destina. Tais roteiros, ao contrário de simples seqüências de componentes do documento, devem permitir a definição de contextos de nós, dentro dos quais o usuário é capaz de traçar seus próprios caminhos de descoberta. Além disso, visa-se a elaboração de estratégias que equilibrem melhor a questão do controle na interação do estudante com o sistema.

Dentro do sistema proposto neste trabalho, fez-se uso da principal característica do Modelo dos Contextos Aninhados (Casanova et al., 1991): o aninhamento de nós de contexto. Através de um determinado nó de contexto escolhido pelo autor (professor), este é capaz de limitar o acesso do estudante a um assunto, determinando-lhe um grau de liberdade. Ao criar uma seqüência de contextos contendo diferentes partes de uma seção, cada parte possuirá um grau de liberdade.

Dessa forma, a navegação realizada pelo estudante pode ou não coincidir com o percurso pré-estabelecido pelo professor. No entanto, caso não coincida, com certeza a navegação do estudante determina um documento composto por material relevante, “permitido” pelo professor. O estudante somente terá acesso a material extra-roteiro se este estiver no maior contexto (dentro da hierarquia) permitido pelo professor. Preserva-se, assim, a capacidade de o autor colocar limites no roteiro e de o estudante ser livre para explorar os contextos definidos pelo autor.

2.1. O Controle do Estudante versus o Controle do Sistema

A questão do controle sobre a navegação do leitor assume um papel vital em aplicações hipermídia no ensino. A liberdade maior na exploração do material didático tem algumas vantagens bastante evidentes: a) o estudante, ao navegar livremente pelo hiperdocumento, cria virtualmente uma porção relevante para seus objetivos, que representa uma visão própria do conteúdo; b) o aspecto exploratório induz a participação ativa do leitor fazendo-o refletir sobre o material; c) as ligações estabelecidas pelo autor fazem transparecer uma estrutura lógica muitas vezes não visível em outro tipo de representação; d) tendo controle sobre o processo de aprendizagem, o estudante é capaz de aprender como aprender; e) ao tomar decisões instrucionais, o estudante descobre as melhores táticas para diferentes situações.

A introdução da tecnologia de hipermídia provocou, de imediato, uma reação bastante otimista nos educadores e desenvolvedores de software educativos. Teorias cognitivas foram prontamente associadas ao modelo e a literatura foi enriquecida com discussões a respeito de seu uso para fins educativos. No entanto, também desde cedo, alguns pesquisadores já alertavam para a pouca evidência empírica da relevância educacional dessa tecnologia (Locatis, Letourneau & Banvard 1989), (Morariu 1988). Na opinião desses pesquisadores, informações ligadas entre si podem constituir uma condição necessária para o aprendizado,

porém não suficiente. Ligações podem ser feitas de muitas maneiras, incluindo aquelas totalmente arbitrárias, com pouca semelhança com o modo como as pessoas associam idéias. Além disso, não se pode deixar de considerar fatores como a habilidade e a idade do aprendiz, se ele é iniciante ou um especialista no domínio ou mesmo no uso de sistemas hipermídia (Large 1996). Problemas associados à orientação durante a navegação podem resultar no redirecionamento de recursos mentais supostamente dedicados ao aprendizado. Porém, o fator que mais mantém acesa a chama dessa controvérsia é, sem dúvida, o controle que o estudante é capaz de ter sobre o material didático em sistemas hipermídia.

A ausência total de controle do sistema passou a ter um papel oneroso sobre o estudante: é ele agora quem deve tomar as decisões apropriadas para o aprendizado ocorrer de fato, ou seja, deve ter um papel ativo nas estratégias de aprendizagem. Ele agora deve decidir que caminhos seguir, quando voltar ou pular adiante, quando seguir uma determinada trilha e quando evitar as distrações com possíveis caminhos irrelevantes. A demanda cognitiva sobre o estudante agora é certamente maior. A grande questão subjacente passa a ser: “Estudantes se beneficiam da versatilidade e flexibilidade de sistemas hipermídia, ou tais sistemas na verdade impedem o aprendizado?”

Ainda que a resposta possa favorecer a primeira alternativa, o fato é que tão logo os primeiros testes reais com usuários se tornaram possíveis, os resultados obtidos começaram a indicar o valor relativo da liberdade total oferecida ao usuário desses aplicativos. Essa discussão de fato antecede o surgimento de sistemas hipermídia. Steinberg relata experiências no período de 1977 a 1988 (Steinberg 1989) que não evidenciam fortes argumentos a favor do controle do estudante. Segundo a autora, o melhor que se poderia esperar, em média, com o controle pelo estudante é que ele produzisse resultados iguais aos produzidos com o controle pelo programa. Para estudantes com desempenho inferior no tópico em questão, a posse do controle sobre o material teve efeito negativo quando comparado com o controle do sistema. A maioria deles aprendia menos quando de posse de controle do que quando uma sequência pré-determinada era seguida. Dois problemas encontrados merecem destaque: os estudantes não eram eficientes na determinação de estratégias de revisão e freqüentemente não ponderavam o tempo disponível com a tarefa determinada. Várias outras experiências mais recentes evidenciam nenhuma, pouca ou relativa importância do controle do estudante (Large 1996). De um modo geral, os resultados apontam para o uso desvantajoso do controle do estudante no caso em que este seja um iniciante nos tópicos que vai estudar e possua pouco conhecimento anterior no tópico em questão. No entanto, a grande maioria dos sistemas de ensino visa atender exatamente tais usuários. A conclusão a que se chega é que a questão crucial não é a escolha de um ou outro tipo de controle, mas sim a de como estabelecer um equilíbrio de controle entre o estudante e o sistema.

Ainda que seja unânime a opinião de que o educador, no processo de ensino e aprendizagem, tem papel que transcende o uso de quaisquer recursos tecnológicos, os relatos das experiências não dão à função do autor do material didático seu merecido destaque. Como avaliar completamente o aproveitamento do estudante sem considerar a qualidade do material a ele apresentado? Uma vez que essa questão está fora do escopo desse trabalho, resta-nos contribuir com recursos para que este autor possa melhor desempenhar seu papel. Nesse sentido, as propostas aqui apresentadas têm o objetivo de apoiar a autoria do material didático, visando também uma melhor recuperação desse material por parte do estudante.

As experiências relatadas na literatura apontam para um controle equilibrado sobre o estudante. No ambiente computacional desenvolvido, apresentado neste relatório, esse equilíbrio pode ser estabelecido pelo autor (educador), através da autoria de roteiros com escopos variados de liberdade de navegação pelo usuário (estudante), conforme já introduzido na seção anterior.

2.2. Roteiros como Forma de Controle e Orientação

Do ponto de vista do usuário, uma falta de orientação mais objetiva pode, no mínimo, retardar o alcance dos seus objetivos. A tão propagada liberdade do usuário deve, em muitos tipos de aplicação, ser ponderada em relação aos objetivos desse mesmo usuário: certamente ele não quer ser cercado, mas, também certamente, ele tem alguma meta a alcançar. Neste tipo de conflito, defendemos que o alcance das metas do usuário deva ser privilegiado.

Tentativas de orientação ao usuário têm sido possíveis, por exemplo, graças ao uso de roteiros planejados pelo autor para esse fim. Roteiros são seqüências de nós ou páginas da rede que compõem o hiperdocumento. (Zellwegger, 1989) destaca o papel fundamental de roteiros e apresenta suas características e tipos principais. Os roteiros são encontrados na literatura sob diferentes denominações, como caminhos (*paths*), rotas orientadas (*guided-tours*) e *scripts*. A maior parte dos ambientes de autoria utilizados não distingue roteiros de qualquer outro tipo de rede de associações, isto é, um roteiro é um, ou parte de um hiperdocumento qualquer, caracterizando-se por ser uma seqüência de nós e, portanto, com ligações de *next* e *previous* implicitamente inseridas quando da formação da seqüência.

Ainda como uma seqüência de nós, um roteiro pode variar quanto ao controle que ele impõe sobre a navegação de seu leitor. Num dos extremos, um roteiro pode impor uma seqüência rígida de nós a serem visitados, o que, em outras palavras, significa que as únicas ligações possíveis ocorrem entre os elementos da seqüência (*next*, *previous*). Certamente esse tipo de roteiro parece representar um retrocesso tecnológico: tal procedimento tem sido usado desde os primórdios da computação e a tecnologia de hipermídia avançou exatamente quanto a essa limitação.

Num outro extremo, um roteiro pode manter todas as demais ligações entre seus nós (visualizadas através das âncoras) e os demais nós da rede total que compõe o hiperdocumento e que refletem uma visão mais geral do domínio, podendo mesmo ter sido construída por outro autor. Nesta última situação, o leitor pode eventualmente “fugir” do roteiro, conforme sua conveniência. Ao fugir do roteiro, no entanto, o usuário pode estar provocando uma ruptura na mensagem do autor, ou mesmo retardando o alcance de seus próprios objetivos⁴. Novamente, neste ponto, nos deparamos com o dilema entre satisfazer os objetivos do autor ou preservar a liberdade do usuário.

A situação ideal seria um meio-termo entre os dois extremos, ou seja, a possibilidade de criar roteiros que mantenham ligações originais e que estas, por sua vez, a) sejam relevantes ou não prejudiciais quanto aos objetivos do autor; b) promovam uma leitura mais flexível e, portanto, mais informativa para o leitor; e c) possam contribuir para o alcance dos objetivos do leitor.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DE NÓS

A liberdade de navegação se reflete na “descompromissada” liberdade de autoria, que acaba por transferir ao leitor a tarefa de encontrar o melhor caminho para o alcance de seus objetivos. Quando, porém, objetivos do autor também entram em cena, essa liberdade de autoria pode se transformar num problema para o autor: como garantir a captação de uma mensagem sem impor uma estrutura muito rígida de navegação (a seqüência pura e simples de nós do hiperdocumento)? Adicionalmente a esse problema, tem-se a mesma questão da liberdade do usuário, agora refletida no processo de autoria: como usuário, o autor não encontra orientação e recursos eficientes para a confecção de roteiros. Se seu objetivo é construir roteiros sobre um hiperdocumento já existente, provavelmente de autoria de terceiros, então seriam de

⁴ Os objetivos do autor e os do leitor podem ser coincidentes. No caso de um ambiente de ensino, por exemplo, supõe-se que tanto o autor (professor) quanto o leitor (estudante) têm como objetivo comum o aprendizado deste último. No caso de objetivos conflitantes, a utilização de roteiros serviria unicamente aos objetivos do autor.

utilidade ferramentas que pudessem selecionar e apresentar nós que fossem relevantes para seus objetivos, organizá-los de maneira rápida e eficiente.

Em sistemas hipermídia usuais (por exemplo, os comerciais, como Director e Toolbook), os autores encontram recursos genéricos e paliativos que podem auxiliá-los na confecção de roteiros. Outros recursos, como *browser* gráfico, visualização de *outline* e identificação de abstrações, são também usuais para autoria e visam a modelagem e o controle sobre a organização criada (FORTES 1996). No entanto, o que se tem em mente, aqui, são ferramentas especialmente voltadas à confecção de roteiros, porém independentes de domínio e, portanto, também de uso geral.

O que se deseja garantir ao autor é a possibilidade da formação cuidadosa de sua mensagem, permitindo-lhe incluir nela o que for essencial ou relevante, sem eliminar o secundário, o complementar, desde que esse não seja conflitante com o anterior e que possa contribuir para os objetivos do usuário. A criação de roteiros prevê a existência prévia de um hiperdocumento, que pode ou não ter sido criado pelo mesmo autor. O que importa, de fato, é que a organização original possibilite uma seleção de elementos do roteiro que contemplam os requisitos levantados anteriormente. Naturalmente, a autoria do hiperdocumento original depende, por sua vez, de mecanismos que permitam contextualizar e qualificar os elementos do documento.

3.1. O Uso de Nós de Contexto

O uso de nós de contexto ou de composição tem um papel importante neste cenário. O agrupamento lógico de nós que tratam de tema comum possibilita uma melhor organização do material e requer uma melhor elaboração por parte do autor. A maioria dos modelos para hiperdocumentos abriga nós de composição ou contexto, como HDM (nó-raiz) (Garzotto, Paolini & Schwabe 1993), AHM (nó de composição) (Hardman, Bulterman & Van Rossum 1994), RMDM (entidade) (Isakowitz, Stohr & Balasubramanian 1995) e OOHDM (classe de nós) (Schwabe, Rossi & Barbosa 1996). No entanto, alguns apresentam algumas limitações importantes como a não possibilidade de aninhamento de composições, que consequentemente exige dos autores um procedimento de controle ainda maior. O Modelo dos Contextos Aninhados (MCA) (Casanova et al. 1991), base do sistema HyperProp (Soares et al. 1995), é um modelo conceitual de dados hipermídia que tem como principal característica o tratamento de nós de composição (ali chamados de nós de contexto) que podem estar recursivamente aninhados.

A possibilidade de se aninhar contextos traz a vantagem, no nosso cenário, de o autor de roteiros poder definir a extensão ou grau de liberdade associado a um nó terminal (texto, áudio, imagem, etc.) que ele selecionou para o roteiro. Em outras palavras, ao selecionar um nó terminal que pertença a um aninhamento de contextos (no MCA, sempre há, no mínimo, um contexto, que é o que abriga toda a hiperbase), o autor pode determinar o maior contexto que o contém e que pode fazer parte do roteiro. Isso significa que, ainda que os demais nós deste contexto não tenham sido diretamente selecionados para compor o roteiro, todas as ligações e correspondentes âncoras pertencentes a este contexto ficam acessíveis e visíveis durante a leitura do nó terminal selecionado. Intuitivamente, o que o autor faz é permitir que o leitor navegue por aquele contexto, uma vez que ele considera que essas “escapadas” do roteiro não são prejudiciais aos seus objetivos ou até podem ir de encontro aos objetivos do leitor. Chamamos de grau de liberdade do roteiro associado ao nó terminal o nível do contexto que contém o nó terminal que é escolhido pelo autor. Uma implementação do mecanismo de grau de liberdade de contexto na confecção de roteiros, desenvolvida no ambiente SASHE, é apresentada na seção 5.

3.2. O Uso de Atributos de Nós

Enquanto que a maioria dos modelos de sistemas hipermídia é rica quanto ao número de tipos diferentes de nós que compõem um hiperdocumento, ela deixa a desejar quanto a recursos para a qualificação desses nós com respeito ao seu conteúdo. O uso de palavras-chave, por exemplo, é bastante comum e útil, porém insuficiente para atividades como uma seleção mais criteriosa de nós durante a montagem de um roteiro. É importante ressaltar, no entanto, que a independência do domínio deve ser mantida no sentido de se ter uma ferramenta abrangente. Em outras palavras, o que se deseja é a possibilidade de se criar atributos peculiares à aplicação em questão e, consequentemente, utilizá-los tanto para a criação de roteiros, como para a criação de outros recursos adicionais de navegação.

Uma vez tendo os nós do hiperdocumento qualificados de acordo com atributos pertinentes à aplicação, o autor pode definir outros mecanismos de comunicação para o leitor (possivelmente na forma de botões visíveis na navegação), que seriam essencialmente estratégias de controle extra-links do subsistema de navegação. Por exemplo, o autor de uma aplicação de ensino poderia definir estratégias de controle para situações em que o leitor se encontra em dificuldades. Assim, se o estudante considera um tópico extremamente difícil, ele pode expressar isso através da ativação de uma função (botão) que implementa a estratégia definida pelo autor. Por se tratar de uma ferramenta genérica de autoria, o autor terá definido a estratégia segundo parâmetros baseados nos atributos dos nós especificados anteriormente. Repare que para que isso seja possível, tudo o que o sistema de navegação necessita é da informação dos valores de atributos que devem guiar sua busca e o que fazer no caso de insucesso. Logo, é possível parametrizar esse processo de modo a torná-lo genérico para quaisquer aplicações. Finalmente, o custo associado a esse processo adicionado ao sistema de navegação e ao sistema de autoria está, ao nosso ver, diretamente relacionado aos benefícios alcançados.

A proposta do uso de contextos e atributos para a criação de roteiros e de recursos adicionais ao leitor durante a navegação vem de encontro com os três objetivos delineados na seção anterior, uma vez que: **a)** a relevância e adequação dos nós que compõem um roteiro podem ser facilmente estabelecidas por meio da determinação de um contexto-límite (grau de liberdade) e de uma seleção baseada nos atributos associados a cada nó; **b)** a possibilidade de se determinar liberdade maior em roteiros e de se criar funções de controle adicionais na navegação possibilitam uma leitura mais flexível e informativa para o leitor; **c)** o alcance dos objetivos do leitor pode ser facilitado na medida em que o autor for capaz de melhor compor sua mensagem e o leitor puder então recuperá-la através de variados recursos.

Como o objetivo maior é incluir características de sistemas tutores em sistema hipermídia, apresentamos, na seção seguinte, um quadro comparativo desses dois tipos de sistemas, no sentido de destacar suas diferenças e os pontos que procuramos atacar em nossa proposta.

4. SISTEMAS HIPERMÍDIA VERSUS SISTEMAS TUTORES

Considerando as características mais usuais de cada um dos sistemas acima, podemos classificá-los de acordo com alguns parâmetros relevantes do ponto de vista dos objetivos que se pretende alcançar (efetividade no ensino ao usuário final: facilidades de criação para o autor). Esses parâmetros são listados e explicados abaixo e usados na Tabela 1 a seguir. Os valores que os parâmetros podem assumir aparecem nas listas que seguem suas definições ou nos textos das mesmas.

1. grau de liberdade oferecido: indica o quanto o usuário (estudante) é livre para impor sua vontade, no sentido de alterar o rumo da interação, deixar de responder às solicitações do sistema, selecionar outro tópico ou material, etc. De outro ângulo, mede o grau de controle do sistema sobre o usuário. (baixo, médio, alto, variável (depende da aplicação))

2. estilo de aprendizagem: indica o estilo de aprendizagem naturalmente imposto pelo modelo do sistema em questão. (informal, formal, variado)
3. modelagem do domínio: se o sistema possui, em geral, um modelo do domínio, e se ele é explícito (manipulável, inferências explícitas) ou implícito (na estrutura, por exemplo).
4. métodos de ensino: se o sistema é capaz de incorporar diferentes métodos de ensino. (sim, não)
5. modelagem do usuário: se o sistema usualmente manipula um modelo explícito do usuário. (sim, não)
6. tipo de iniciativa na interação: qual o tipo usual de iniciativa durante a interação entre sistema e usuário, ou seja, se só o sistema ou só o usuário guia a interação, ou se há um tipo de iniciativa mista, onde sistema e usuário “dialogam”. (rígida, mista, flexível)
7. responsabilidade: se a responsabilidade maior sobre o andamento (prosseguimento da execução) da seção fica a cargo do usuário ou do sistema. (sistema, usuário)
8. sobrecarga cognitiva: se o sistema pode, pelas suas características, causar sobrecarga cognitiva ao usuário. (sim, eventualmente (depende de outras características), não)
9. adequação: a que tipo de processo o sistema melhor se adequa. (ensino, aprendizagem)
10. complexidade de criação: no sentido do grau de exigência de pré-definições, especificações rígidas e dificuldade de alterações, expansões e manutenção. (baixa, média, alta, variável (depende de outros fatores))
11. ferramentas de autoria: disponibilidade de ferramentas auxiliares à autoria. (raras, algumas, muitas)

Tabela 1 - Parâmetros comparativos entre os sistemas hipermídia e tutores

Parâmetros X Tipos Sistema	Sistemas Hipermídia	Sistemas Tutores
grau de liberdade	<i>alto</i>	<i>variável</i>
estilo de aprendizagem	<i>informal</i>	<i>formal</i>
modelagem do domínio	<i>implícita</i>	<i>explícita</i>
métodos de ensino	<i>não</i>	<i>sim</i>
modelagem do usuário	<i>não</i>	<i>sim</i>
iniciativa na interação	<i>flexível</i>	<i>mista</i>
responsabilidade	<i>usuário</i>	<i>sistema</i>
sobrecarga cognitiva	<i>sim</i>	<i>eventualmente</i>
adequação	<i>aprendizagem</i>	<i>ensino</i>
complexidade de criação	<i>variável</i>	<i>alta</i>
ferramentas de autoria	<i>muitas</i>	<i>raras</i>

A seguir fazemos algumas considerações sobre o quadro apresentado, em que, para efeito destas comparações, estaremos nos referindo a sistemas hipermídia simplesmente como ambientes de navegação com total liberdade.

A liberdade dada ao estudante, se por um lado é altamente positiva, por outro impede que o sistema tenha informações que possam ajudar na avaliação do aprendizado. Informações apenas sobre a navegação do usuário sobre o material didático constituem um critério muito fraco para qualquer julgamento. Um meio-termo, neste caso, seria o mais interessante: onde a liberdade fosse garantida sempre que ela não fosse considerada prejudicial ao processo de aprendizado em curso. Nota-se, no entanto, que é arriscado dizer quando isso ocorre de fato. Dessa forma, seria necessário haver medidas que são muito difíceis de se estabelecer.

A informalidade do estilo de aprendizagem de um sistema hipermídia novamente impede uma garantia maior da aprendizagem, no sentido de que não se pode garantir que o estudante tenha acesso a todas as informações que de fato compreendem um conceito. A formalidade de um sistema tutor, por outro lado, pode se tornar um impecilho para o estudante, que tende a não se engajar completamente no processo. Novamente, um meio-termo é o desejável: imprimindo um estilo menos formal, garante-se que o estudante entre em contato com todo o material necessário, e talvez numa seqüência desejável.

Um modelo explícito do domínio é essencial para o sistema poder “raciocinar” sobre ele e, com isso, ter um comportamento mais inteligente, no sentido de poder, por exemplo, responder questões específicas, tomar decisões baseadas em critérios do domínio, etc. Pode-se dizer que o conhecimento que um sistema hipermídia tem do domínio está implícito na estrutura de ligações e aninhamentos criada pelo autor. Trata-se de um conhecimento mais sobre a estrutura do domínio do que do teor do domínio. Repare que, ainda assim, não quer dizer que ele possa manipular esse conhecimento: simplesmente a estrutura implica um certo conhecimento, mas o sistema “não sabe que sabe” isso. Para tanto, é necessária uma camada “acima” dele, que “enxergue” essa estrutura e faça deduções a partir dessas informações. A vantagem naturalmente associada à ausência de informações sobre o domínio é a da possibilidade de utilizar o sistema, sem qualquer alteração, para aplicações em outros domínios.

Uma característica interessante e desejável em sistemas tutores é a de que ele tenha conhecimento sobre diferentes métodos de ensino, a fim de variá-los para melhor adaptar-se às diferentes necessidades dos estudantes. A idéia é que, percebendo que o estudante não está evoluindo bem, o sistema dinamicamente mude sua estratégia de ensino, elegendo um outro tipo de método que melhor se adeque àquele estudante. Um sistema hipermídia, via de regra, não impede que se adote diferentes métodos de ensino, porém, uma vez escolhido um ou um conjunto deles, o sistema não é capaz de trocá-lo no decorrer da interação. Isso acontece porque: a) o navegador não se baseia em conhecimento, ou seja, simplesmente ele obedece ao comando do usuário e às especificações pré-definidas das ligações existentes — novamente seria necessária uma camada extra que “raciocinasse” sobre isso; b) ao escolher o modelo hipermídia, o autor naturalmente está elegendo a livre navegação como um método de ensino — a rigor, deveríamos dizer método de aprendizado, e não de ensino, uma vez que deixa-se a critério do estudante decidir o que fazer/ver em seguida.

O modelo explícito do estudante permite ao sistema tutor adaptar-se, mudar o rumo das coisas, escolher outras estratégias, baseado no conhecimento que ele tem sobre o estudante. Trata-se de um requisito básico para um sistema tutor inteligente e um dos mais difíceis de se implementar com sucesso. Num hipermídia, a informação que o sistema tem do usuário é a do caminho percorrido. O uso que ele faz disso é simplesmente relativo às facilidades de navegação, como voltar para trás, por exemplo. Usar simplesmente esse recurso para modelar o estudante impede que se tenha medidas qualitativas sobre ele, no sentido de que apenas a informação sobre o que ele viu pode ser considerada. O quanto ele assimilou daquilo que viu não é implicado pela informação simples do caminho que ele percorreu. Além disso, é importante supor que o estudante tem objetivos a serem alcançados e que, sem que o sistema faça uso dessa informação, o estudante pode se desmotivar rapidamente ao longo de tantas alternativas, bem como navegar de maneira ineficiente no sentido de alcançá-los. Uma visão geral do material é um recurso importante para o estudante poder guiar-se melhor.

Um ambiente em que o controle da interação esteja exclusivamente a cargo do sistema, cabendo ao usuário apenas responder solicitações, obviamente não é desejável num processo de ensino e aprendizagem. Daí nos resta refletir sobre a conveniência de uma interação de controle misto ou de uma interação totalmente comandada pelo estudante. Num sistema hipermídia, o segundo tipo é o que predomina. Num sistema tutor, o primeiro tipo costuma se sobressair. Num ambiente de “diálogo”, a maior dificuldade está em se delimitar quando e como o sistema deve tomar controle da interação, ou seja, quando interromper o usuário e o que fazer nesse momento.

Num sistema tutor, mesmo os de interação mista, toda a responsabilidade sobre o andamento da interação é de responsabilidade do sistema. Ou seja, ainda que o estudante esteja agindo livremente, o sistema deve estar “consciente” desses atos e deve estar “raciocinando” sobre eles a fim de decidir o que fazer em seguida. Num sistema hipermídia, a navegação do usuário em geral não é monitorada e, com isso, toda a responsabilidade sobre o que venha a acontecer está a cargo do usuário. Essa característica não nos parece condizente com um sistema cujo objetivo seja o de ensinar.

A excessiva liberdade na navegação, principalmente sobre um material didático com conteúdo denso, pode levar a uma sobrecarga cognitiva bastante prejudicial num ambiente de aprendizagem. Em sistemas em que há um maior controle sobre a interação, naturalmente as chances de isso ocorrer diminuem.

Por tudo o que já foi dito, fica claro que um sistema hipermídia proporciona um ambiente mais “relaxado” e flexível para o usuário e, portanto, constitui-se muito mais num estilo de aprendizagem do que de ensino. Tentar auxiliar a tarefa de um autor-professor, por outro lado, nos coloca do outro lado: pensar nas possibilidades de um sistema hipermídia ser também uma boa ferramenta de ensino.

Sem dúvida, o grau de complexidade de criação de um sistema tutor é bastante mais alto do que o de um hiperdocumento (quanto à organização das informações contidas em ambos). Características de sistemas tutores, como a explicitação de conhecimento do domínio e de estratégias tutoriais, e a definição de um modelo do usuário, são tarefas bastante complexas e interdisciplinares.

De modo geral, os sistemas tutores são construídos para domínios únicos, ou no máximo, para uma classe restrita de domínios. Dessa forma, sistemas de autoria são bastante raros e específicos. Os hiperdocumentos, por suas características, são construídos via sistemas hipermídia, que fornecem geralmente, linguagens, ferramentas e um subsistema de navegação, faltando apenas, muitas vezes, definir os conteúdos dos nós e suas ligações.

É importante notar que os pontos negativos apontados acima, em relação ao hipermídia, não se constituem necessariamente em impecilhos para que eles venham a ser usados como sistemas tutores. Simplesmente eles apontam para como os sistemas tradicionais de navegação podem ser melhor projetados para tal. A questão da interface é um exemplo claro. Uma aplicação hipermídia não tem necessariamente que ter o mesmo tipo de interface que as demais aplicações hipermídia, qual seja, uma sequência de janelas abrindo e fechando conforme a escolha dos *links* (e.g. WWW). O que impede que uma resposta dada pelo usuário constitua um *link* (implícito) para um outro nó? Trata-se de uma questão de projeto, e não uma imposição do modelo usado.

Destacamos dois recursos dos sistemas hipermídia claramente úteis para aplicações de ensino:

1. Possibilidade de guardar a trilha percorrida pelo usuário. Trata-se apenas de uma sequência de nós percorridos, mas já é um bom começo para uma modelagem da interação.
2. Garantia de liberdade de exploração quando for desejável. Em aplicações convencionais, fica difícil oferecer material para exploração em paralelo às atividades sob controle do sistema.

Como características desejáveis em sistemas hipermídia para utilização em aplicações de ensino, podemos citar:

- Possibilidade de organizar o material de forma a oferecer diferentes visões (perspectivas) de um mesmo tópico.
- Possibilidade de exercer um certo controle sobre a navegação, no sentido de perseguir um objetivo claro do professor enquanto idealizador da proposta didática subjacente. Dessa forma, para não

contrariar o princípio básico do modelo escolhido (que é o da exploração), a idéia é tentar, via organização do material, manter a atenção e o interesse do estudante enquanto este explora o material organizado para esse fim. Não podemos nos esquecer que uma vez existente uma ligação, isto significará a possibilidade real de o estudante optar por ela, bem como significará que o autor achou pertinente deixá-la ali. Um desvio do estudante seria caracterizado não apenas por uma escolha de uma ligação paralela, mas por um caminho de escolhas, sobre o qual o sistema fatalmente perderia o controle.

- Seguindo a própria filosofia do modelo, seria interessante permitir que o estudante criasse sua própria visão daquilo que estudou, construindo uma versão do material com aquilo que julgasse mais relevante ou interessante. Além disso, poderia incluir resoluções de exercícios, etc.
- Para o professor-autor, seria interessante que houvesse recursos para que ele estabelecesse o tipo de controle sobre a navegação que desejasse, bem como para que ele pudesse estabelecer outros níveis de organização do material que não apenas o dos *links* entre os nós.

A seção seguinte apresenta o sistema SASHE de autoria e navegação desenvolvido para aplicações de ensino, que implementa algumas das propostas apresentadas anteriormente.

5. O AMBIENTE DE AUTORIA E NAVEGAÇÃO SASHE

SASHE (Sistema de Autoria e Suporte Hipermídia para Ensino) é um ambiente que prevê dois tipos de usuários: o autor de um hiperdocumento (ou hiperbase, conforme terminologia do MCA), e o leitor. Como o domínio de aplicação em questão tem sido o ensino, tais usuários são também chamados de professor e estudante, respectivamente. Na verdade, pode haver mais de um autor, o autor geral da hiperbase e o autor de roteiros a partir de hiperbase já construída eventualmente por outro(s) autor(res)/professor(es). A Figura 1 mostra esquematicamente o ambiente SASHE.

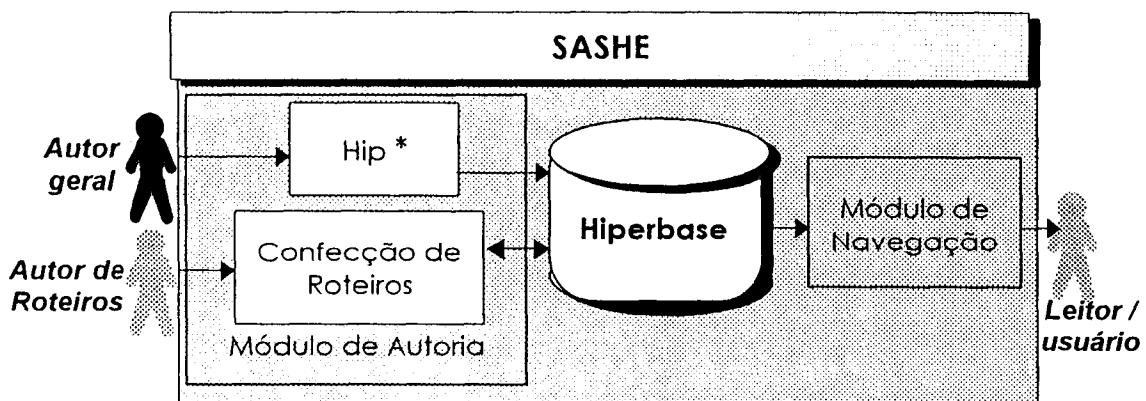


Figura 1 - Arquitetura geral dos módulos funcionais de SASHE, mostrando seus usuários.

O ambiente de autoria (Hip*) é uma extensão daquele apresentado em (Nunes, Vieira & Hasegawa 1996b) e agora prevê a utilização de atributos dos nós. Tais atributos são posteriormente utilizados pelo autor de roteiros na busca selecionada de nós. Os nós no MCA podem ser terminais, de composição, incluindo de contexto de usuário, de versões, base privada e anotação (Soares et al. 1995). SASHE utiliza apenas os nós de tipo terminal (vídeo, texto, áudio, gráfico) e do tipo composição (trilha, contexto de usuário e hiperbase pública). Enquanto que nós de contexto são classificados, nessa aplicação, apenas quanto ao assunto que englobam, nós terminais são classificados quanto a sua *Função Didática* (motivação, introdução, definição, exemplo, exercício, resumo), *Dificuldade* (baixa, regular, alta) e *Palavras-Chave* que identificam o conteúdo. A Figura 2 ilustra a criação de nós terminais. Ao objeto **Nó Terminal**, além de seu

Nome e do Arquivo de Dados, há também associados os outros campos de valores relativos ao domínio em questão: *Dificuldade*, *Função Didática* e *Palavras-Chave*.

Dificuldade indica o nível de dificuldade do nó terminal, que pode ser: Fácil, Regular ou Difícil. A *Função Didática* indica uma das classes possíveis no domínio de aplicação ensino: Introdução, Exercício, Motivação, Definição, Bibliografia, Glossário, Exemplo, Resumo e Ajuda. Obviamente esses valores podem ser revistos ou estendidos, sem prejuízo do funcionamento geral do sistema. *Palavras-Chave* englobam palavras relevantes ao conteúdo do nó. Atualmente, o usuário-autor (professor) pode definir até cinco palavras com no máximo trinta e cinco letras cada uma.

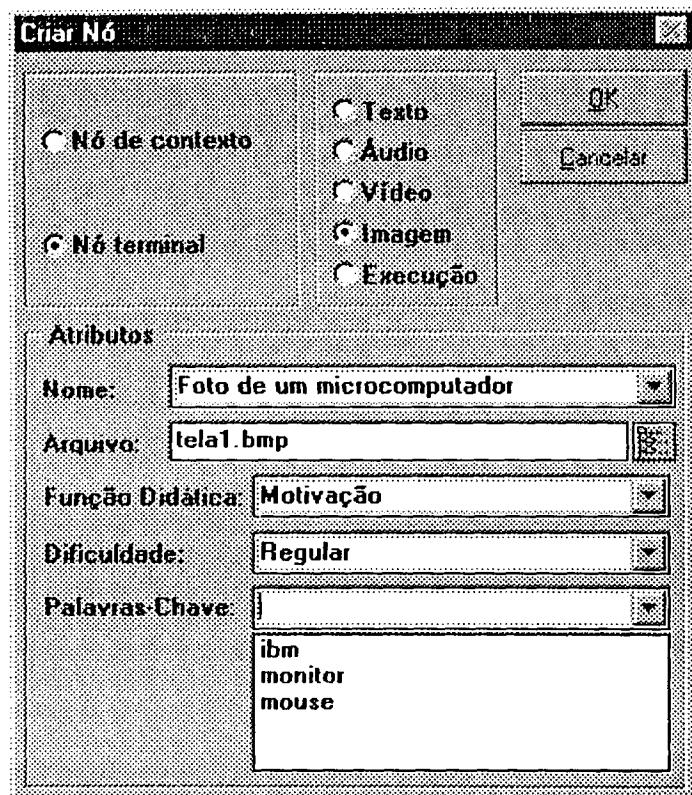


Figura 2 - Janela de criação de nós terminais

No caso de nós de contexto, apenas o atributo Nome deve ser preenchido, e este passa a ter a função de assunto, ou seja, o nome indica que assunto tratam os nós contidos nele. Por definição, o sistema considera que todos os nós contidos em um determinado contexto pertencem ao assunto correspondente. Portanto, na organização da hiperbase, deve-se levar em conta esta característica e atribuir, aos contextos mais internos, assuntos mais específicos. Deste modo, o hiperdocumento terá uma hierarquia de assuntos, facilitando assim, a compreensão e estrutura do mesmo. Muito embora essa estruturação em hierarquias de assuntos seja implementada, deve-se notar que os contextos que representam essas hierarquias aninhadas caracterizam um particionamento dos seus elementos (nós, de contextos ou não, e *links* incluídos nos contextos) e não numa disjunção desses elementos.

A criação de *elos*⁵ é ilustrada na Figura 3. Ao objeto **Elo** estão associados dois atributos: *Apresentação Simultânea* e *Apresentar os Nós Terminais do Contexto*.

Apresentação Simultânea indica se o nó destino deve ser apresentado simultaneamente ao nó origem, ou seja, ao percorrer o elo, o sistema deve apresentar o nó destino e decidir se fecha ou não o documento

⁵ O termo “elo” possui o mesmo significado de *link* (ligação) entre os nós e foi adotado durante todo o desenvolvimento do sistema SASHE.

origem. Esta decisão é tomada analisando este atributo. Muitas vezes é interessante manter aberta a janela que contém a âncora do elo enquanto que seu destino é apresentado. Por exemplo, se o elo leva à execução de um áudio e, depois disso, o usuário volta à leitura subseqüente da posição da âncora original.

Apresentar os Nós Terminais do Contexto indica se, na apresentação de um nó contexto, destino do elo, devem ser mostrados todos os seus nós terminais ou deve ser ativado o *Browser Gráfico*. Assim, há duas possibilidades de visualização do nó de contexto destino. A primeira é abrir todos os nós terminais pertencentes ao contexto. Isto é útil quando os nós pertencentes ao contexto são complementares, ou seja, juntos compõem uma única unidade de informação. Por exemplo, um nó texto e um nó áudio (com a locução do texto) formando um único contexto. A segunda possibilidade permite apresentar todos os nós do contexto através de um grafo. Este seria o caso *default*, uma vez que a abertura simultânea de vários nós terminais pode causar problemas quanto à visualização na tela e quanto à utilização de recursos audiovisuais (se houver mais de um áudio ou mais de um vídeo, por exemplo). Também é possível haver um aninhamento de contextos, mas neste caso, apenas os nós terminais no primeiro nível do contexto são apresentados, por uma decisão simplificadora de projeto.

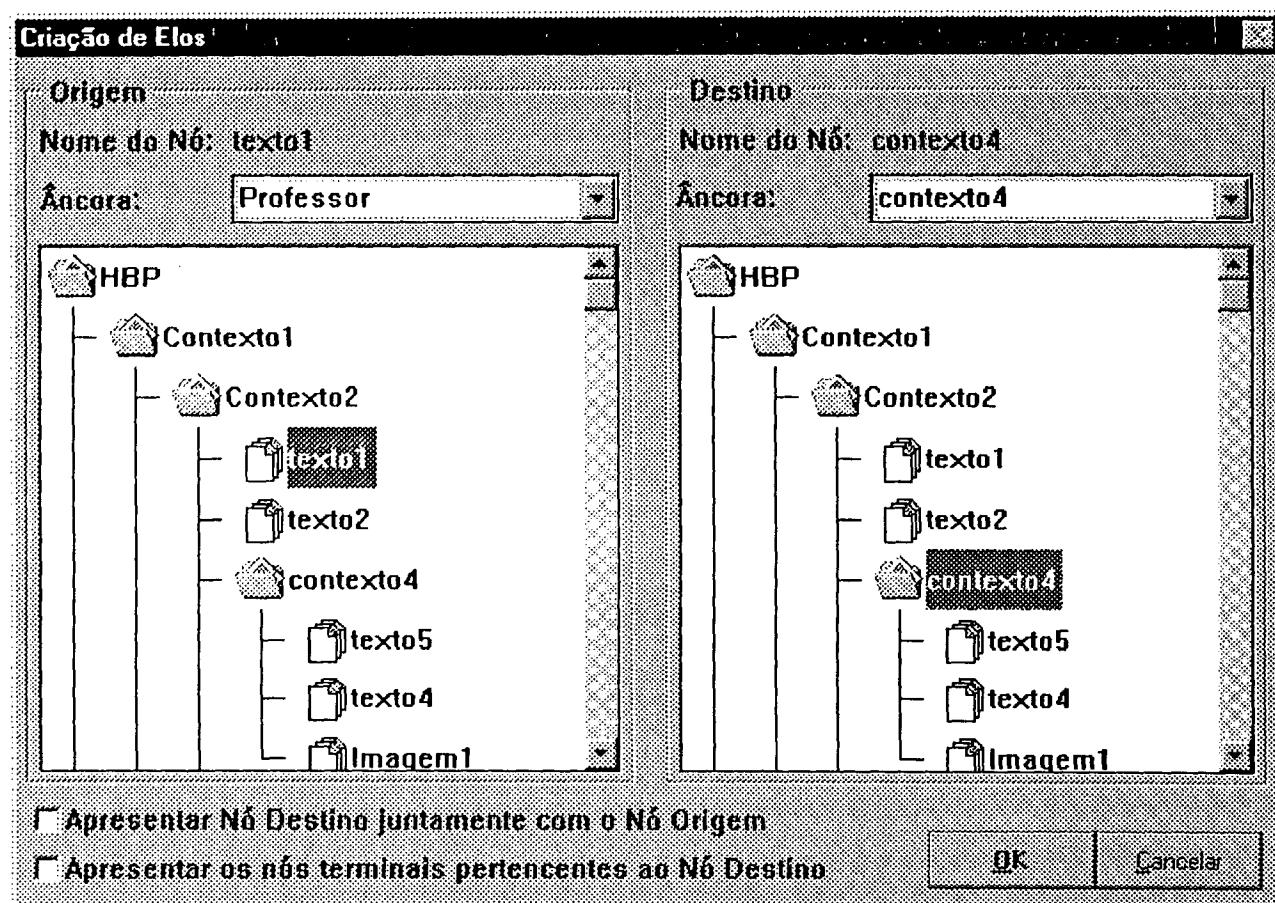


Figura 3 - Interface de criação de elos

5.1. Autoria de Roteiros

A partir de um hiperdocumento já criado, o autor de roteiros pode, no mesmo módulo de autoria, definir um ou mais roteiros de navegação, visando um determinado grupo de usuários. Neste ponto, o autor define o grau de liberdade associado a cada nó, através da escolha de um dos contextos que o contém. No caso em que se deseja definir nenhuma liberdade, escolhe-se o próprio nó. Em outras palavras, o autor determina

qual a visibilidade associada a um nó e, portanto, o quanto o leitor poderá se afastar do roteiro, a partir daquele ponto, sem que a relevância do material seja comprometida.

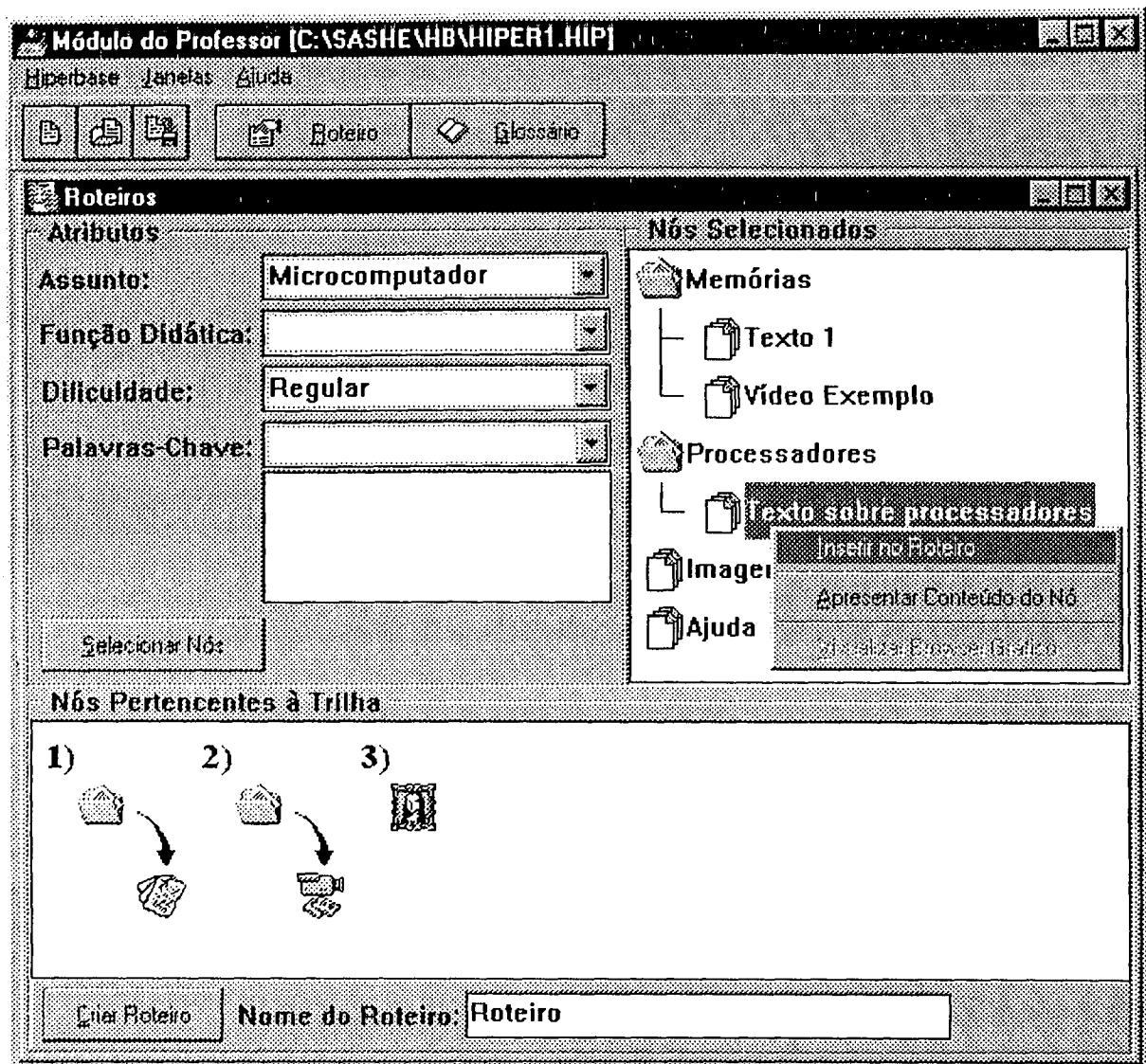


Figura 4 - Interface de criação de roteiros

Imagine a seguinte estrutura de hiperbase (ou hiperdocumento):

```

Hiperbase
  Contexto 1
    Contexto 1.1
      Nó Terminal 1
    Contexto 1.2
      Nó Terminal 2
    Nó Terminal 3
  Trilha

```

Um possível roteiro poderia ser o ilustrado a seguir (cada roteiro dá origem a um nó de composição do tipo trilha do MCA):

	Primeiro Nó	Segundo Nó	Terceiro Nó
Nó Principal	Nó Terminal 1	Nó Terminal 2	Nó Terminal 3
Nó Liberdade	Contexto 1	Contexto 1.2	Nó Terminal 3

1. Quando o **Primeiro Nó** for apresentado, o estudante terá acesso a todas as informações (nós e elos) contidas no (abaixo do) *Contexto 1*, ou seja, todos os demais nós do *Contexto 1* ficam visíveis (na verdade, seus elos) a partir do Primeiro Nó.
2. O **Segundo** Nó fica um pouco mais restrito, pois somente as informações contidas no (abaixo do) *Contexto 1.2* serão visíveis.
3. Já no **Terceiro** Nó, a restrição é máxima, pois o nó liberdade (e consequente grau de liberdade) é igual ao nó principal, ou seja, somente as informações contidas no Nó Terminal 3 serão visíveis. Isso implica que qualquer tentativa de navegação, via âncoras internas a esse nó, será frustrada.

Neste contexto, SASHE oferece os recursos ilustrados na Figura 4. O autor define a seqüência gráfica de nós do roteiro selecionando nós e contextos do hiperdocumento, com a ajuda de funções de busca qualificadas segundo os atributos dos nós. A interface de criação de roteiros é simples, composta por três módulos: consulta, lista de nós selecionados pela consulta e visualização gráfica do roteiro. Para abri-la basta pressionar o botão *Roteiro* na barra de ferramentas. O módulo de consulta possui os campos de atributos que devem ser preenchidos e um botão que realiza a consulta (*Selecionar Nós*).

Na lista de nós selecionados, o professor pode indicar o nó que deseja inserir no roteiro, pressionar o botão direito para ter acesso ao menu de opções (Figura 4) e, em seguida, escolher a primeira opção: *Inserir no Roteiro*. Uma segunda janela surgirá, perguntando qual o grau de liberdade do nó escolhido na navegação (Figura 5).

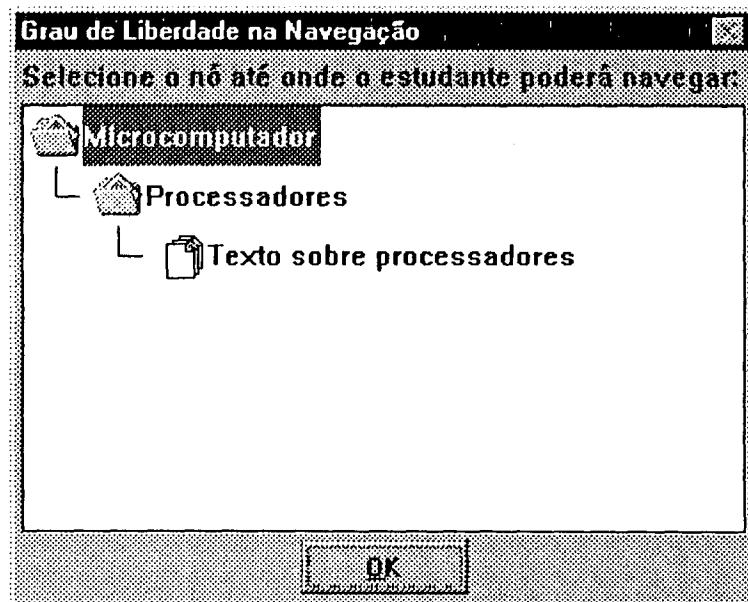


Figura 5 - Janela para escolha do nó liberdade

Sempre que um nó é incluído no roteiro, ele é apresentado na região situada na parte inferior da janela. Quando o grau de liberdade de um nó se refere a um nó diferente do nó selecionado na lista de nós, dois ícones são apresentados (Figura 4). Caso contrário, apenas o nó escolhido aparece. Os ícones superiores indicam os nós de contexto definindo os graus de liberdade, e os inferiores os nós que o professor quer que o estudante visualize. Se o usuário desejar saber o nome de cada um dos nós que formam o roteiro basta posicionar o cursor do mouse sob o mesmo, que o nome aparecerá na forma de uma "etiqueta". Finalmente, para confirmar a criação do roteiro formado, o usuário deve pressionar o botão *Criar Roteiro*. Assim, o sistema irá criar um nó trilha no primeiro nível da hiperbase com o nome de '*Roteiro*'.

Uma ferramenta bastante útil ao professor na criação de uma hiperbase ou de um roteiro é o *Browser Gráfico*, que é uma ferramenta que auxilia o usuário permitindo que ele visualize a estrutura de um hiperdocumento ou parte dela como um grafo, dando uma importante medida de contexto e espaço. Para abri-lo, basta selecionar uma janela Nós e pressionar o botão *Browser Gráfico* (Figura 6). Apenas os nós e elos contidos no atual contexto (ver o título da janela de nós selecionada) são mostrados, e se o usuário desejar visualizar os nós de contextos mais aninhados (se houver), basta pressionar o botão direito do mouse sobre o nó escolhido.

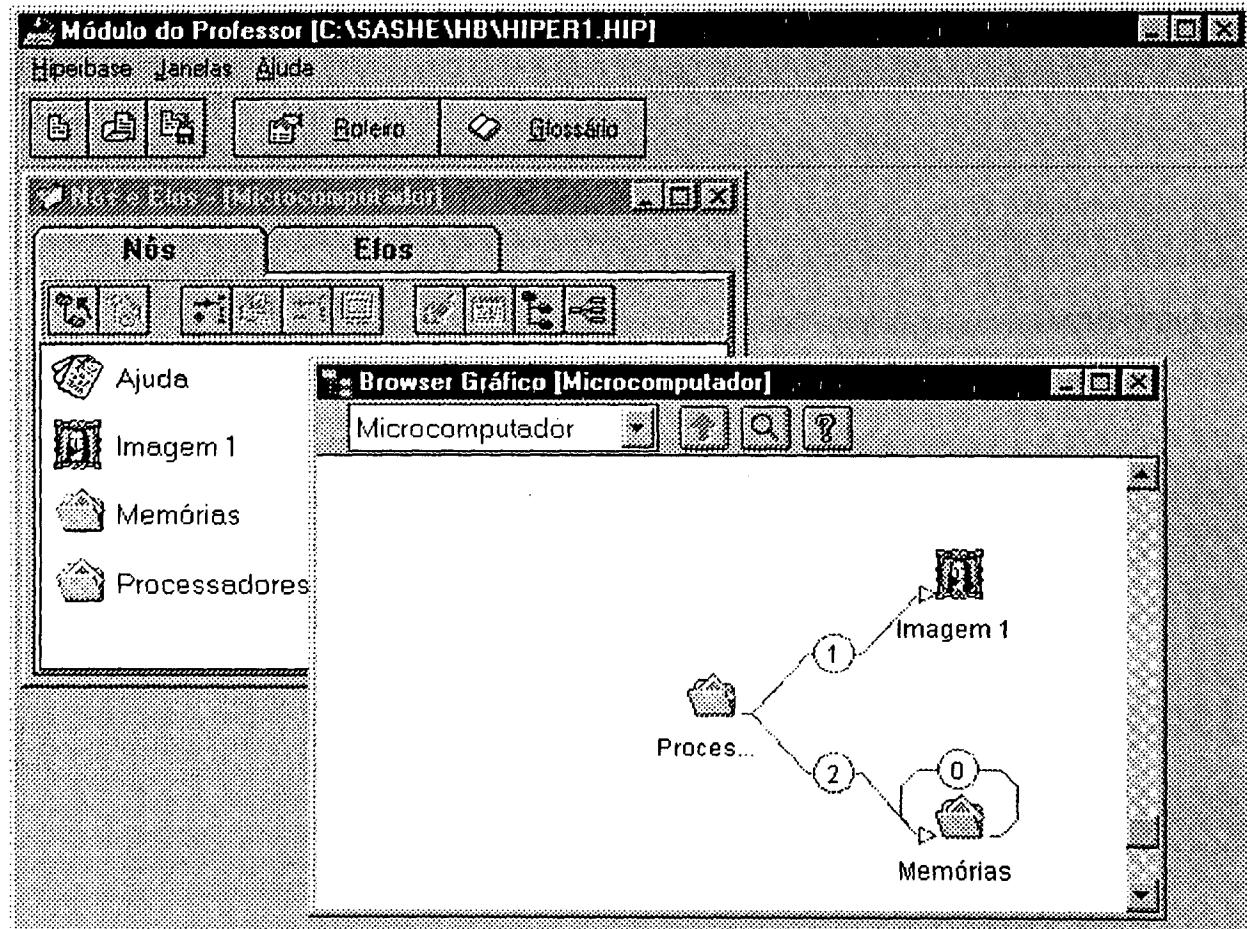


Figura 6 - Janela do *Browser Gráfico*

5.2. O Módulo de Navegação

No módulo de navegação, o leitor encontra os recursos adicionais mostrados na Figura 7. A implementação de tais recursos seguiu a abordagem de interação proposta em (Jona et al 1991). Aos botões estão associadas funções que utilizam, em sua maioria, informações provenientes dos atributos e da contextualização de nós. A seguir, apresentamos uma descrição da funcionalidade de cada uma dessas funções.

Os botões **Está Fácil** e **Está Difícil** remetem a estratégias que visam apresentar nós relacionados ao tópico em questão (portanto, do mesmo contexto), porém julgados de maior ou menor grau de dificuldade, respectivamente. Se o autor criou explicitamente um nó correspondente e de grau de dificuldade diferente, então este será selecionado nesta busca. Caso contrário, uma segunda estratégia considera o atributo função didática para a seleção do próximo nó. As duas estratégias são resumidas a seguir:

- 1) Procura-se por nós com grau maior de dificuldade/facilidade no mesmo contexto (mesmo tópico) ou
- 2) Mostra-se nós com atributos função didática dependente do nó atual, de acordo com as correspondências graficamente ilustradas na Figura 8.

Essas buscas devem ocorrer primeiramente no próprio contexto. Se após aplicar a primeira estratégia, não encontrar o nó alternativo, aplica-se a segunda estratégia.

No caso de sucessivos toques no mesmo botão (**Está Difícil** ou **Está Fácil**), aplica-se sempre a seqüência primeira estratégia/segunda estratégia no nó seguinte da relação, isto é, sempre a primeira estratégia é aplicada; caso aquele nó não exista, aplica-se a segunda estratégia.



Figura 7 - Interface com o usuário-estudante

Se a segunda estratégia é aplicada e novamente o mesmo botão é apertado, volta-se a aplicar a primeira estratégia e assim por diante, ou seja, sempre procura-se por um nó classificado pelo professor/autor como mais fácil ou mais difícil do que o nó atual e apenas se não encontrar é que as correspondências entre atributos (segunda estratégia) entram em cena.

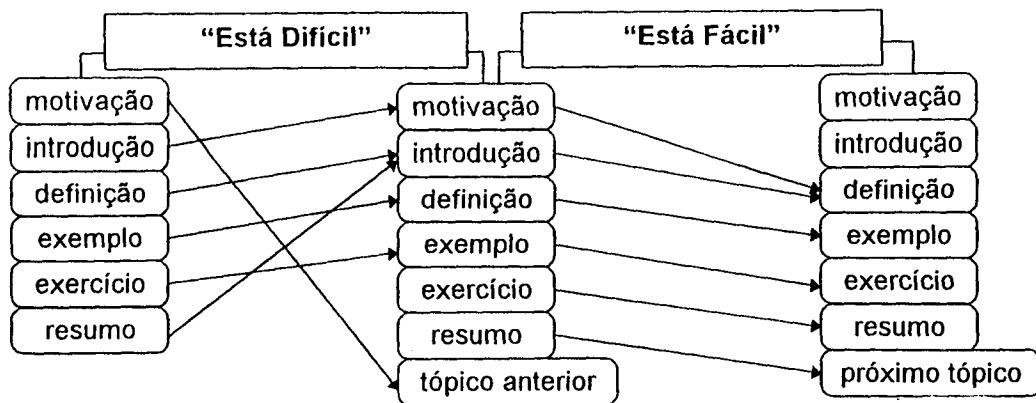


Figura 8 - Correspondências entre atributos para estratégias tutoriais embutidas nos botões **Está Difícil e **Está Fácil****

A interpretação das correspondências implementada na segunda estratégia é feita da seguinte maneira: ao escolher **Está Difícil**, por exemplo, e sendo o nó atual um nó “definição”, o sistema procura por um nó, no mesmo contexto, com função “introdução”. Caso não haja tal nó, a busca pela tabela continua, ou seja, a partir da “introdução” a escolha do **Está Difícil** remete à busca por um nó “motivação”. Em último caso, a saída via “tópico anterior” no roteiro sempre é alcançada, uma vez que a relação é acíclica.

No caso do botão **Está Fácil**, só é mostrado o nó alternativo se o usuário ainda não o visitou (não pertence ao histórico). Caso contrário, aplica-se mesma estratégia nesse nó já visitado. Por exemplo, se o usuário estiver no nó “exercício” e ele já passou pelo nó “resumo”, e acionar o botão **Está Fácil**, o módulo tutor devolve o próximo nó do roteiro (“próximo tópico”).

Informações úteis pertinentes ao domínio (ensino) ficam diretamente acessíveis pelo leitor através de nós cujos atributos sejam associados aos botões na interface, como **Bibliografia**, **Glossário** e **Exercícios**, com conteúdos óbvios. A busca, neste caso, se dá no menor contexto que contém o nó atual, e sua existência é dependente da autoria. Como ilustração, a Figura 9 mostra a janela que aparece ao se acionar o botão **Glossário**. De forma similar, o botão **Ajuda** faz a busca, no contexto, por um nó de igual atributo, construído pelo autor, que contém perguntas e respostas mais freqüentes do tópico em questão.

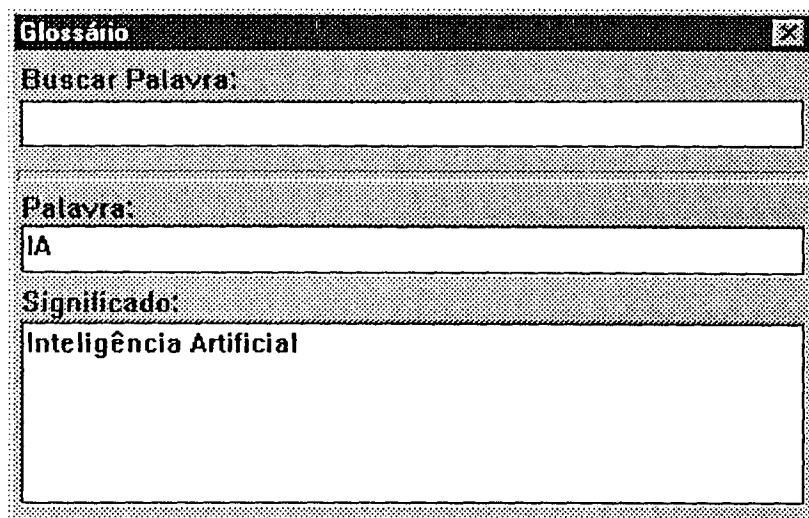


Figura 9 - Janela Glossário.

Funções que auxiliam a orientação do leitor são disponíveis através dos botões **Onde Estou?**, **Histórico** e **Contexto**. **Onde Estou?** situa, graficamente, o nó atual no roteiro que está sendo percorrido, isto é, mostra a posição do nó atual em relação ao roteiro programado pelo professor. **Histórico** situa o nó atual na trilha

de nós já percorridos, sendo que esta pode coincidir ou não com o roteiro, dependendo se o usuário seguiu fielmente a trilha planejada, ou não. **Contexto** mostra, via *Browser Gráfico*, o contexto correspondente ao grau de liberdade do nó atual, incluindo demais nós e todas as ligações do nó de contexto. Dessa forma, o usuário é informado sobre o contexto dentro do qual ele pode navegar sem, contudo, fugir do roteiro. A Figura 7 mostra as janelas correspondentes a **Onde Estou?** (mais à frente) e a **Histórico** (mais atrás). No exemplo, o usuário percorreu exatamente o que foi previsto, isto é, seu histórico (trilha de percurso) coincide com o roteiro pré-estabelecido (trilha do roteiro).

Mais informações é um botão de interface que dispara a busca por uma lista, em todo o hiperdocumento, de nós que possuam uma ou mais palavras-chave em comum com o nó atual. O leitor poderá visualizar qualquer um dos nós selecionados. Finalmente, o par de botões **Tópicos** na parte inferior do menu de botões da Figura 7 servem para avançar e retroceder no roteiro, e o par de botões **Histórico** servem para avançar e retroceder na trilha percorrida pelo leitor.

6. GENERALIZAÇÃO PARA OUTROS DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO

Com o desenvolvimento de SASHE, e a partir dos primeiros experimentos obtidos com a criação de hiperbases públicas para ensino, pudemos observar que a qualificação dos diversos tipos de nós por meio de atributos selecionados, que auxiliam a programação dos roteiros para navegação pela hiperbase, constitui um recurso independente da aplicação. Na realidade, a abordagem proposta pressupõe unicamente que o usuário da aplicação tenha um objetivo a alcançar. Dessa forma, o recurso de confecção de roteiros não necessita se orientar por um domínio específico de informações, apenas por um conjunto de atributos e valores que, combinados, determinem estratégias para o alcance do objetivo do usuário-leitor e/ou autor.

Inicialmente, o auxílio à criação de roteiros se destinava a ser uma forma de controle flexível à navegação do usuário-leitor, que tínhamos em mente ser um estudante. Do ponto de vista do aplicativo, tal controle se mostrou evidentemente bastante adequado. Conforme foram se delineando as necessidades dos diferentes graus de liberdade, que então permitiam uma flexibilidade exploratória maior ao leitor, pudemos observar efetivamente que outros aplicativos e seus respectivos tipos de usuários poderiam ser beneficiados com a adição do recurso ora proposto. Por exemplo, em ambientes de desenvolvimento de software, todo o processo de documentação possui uma certa ordem de ocorrências. Embora não seja esperado que os analistas/projetistas consultem essa documentação sob um controle rígido relacionado com essa ordem cronológica de geração de documentos, muitas vezes eles sentem a necessidade de percorrer a documentação por meio de alguma seleção, levando-se em conta o histórico de desenvolvimento. De fato, a montagem de estratégias de busca pela documentação relativa ao desenvolvimento de sistemas com base em atributos como o nível de detalhes, a ordem cronológica e qual subsistema inclui determinado documento, auxiliariam os analistas/projetistas de software em sua atividade de visualizar de maneira *top-down* os componentes do sistema desenvolvido ou em desenvolvimento.

Portanto, a generalização de estratégias aplicadas aos atributos pré-estabelecidos nos nós de uma hiperbase pode ser utilizada para os sistemas hipermídia que se orientem a atender a usuários/leitores com um objetivo a alcançar durante a navegação por aquela hiperbase. Essa generalização está sendo perseguida, em nível de implementação, através do desenvolvimento de uma linguagem que permita a especificação das estratégias de busca obedecendo às relações entre os valores dos atributos pré-definidos. De posse desse formalismo, o autor poderá, então, definir estratégias dedicadas ao domínio de aplicação em questão, ao invés de utilizar estratégias pré-definidas como as ilustradas no domínio de aplicação de ensino descritas aqui. Na Figura 8, observa-se, de antemão, que tal linguagem deverá ser mapeada para um grafo acíclico para evitar ciclos na execução das estratégias.

7. CONCLUSÕES

A extensão e a forma de controle dados ao usuário de uma aplicação hipermídia constituem um tema já bastante debatido na literatura da área e que, em aplicações no ensino, ainda desperta grandes controvérsias. Do ponto de vista de desenvolvedores de sistemas de autoria de aplicações hipermídia, essa questão nos leva a pensar em alternativas que contemplem as possíveis intenções de autores e usuários (estudantes). Nesse sentido, este trabalho apresenta argumentos para o uso de recursos bastante simples e já difundidos em propostas recentes, tais como a contextualização de nós e a definição de atributos dependentes de domínio que auxiliem na autoria de roteiros e que possibilitem para o usuário final a utilização de outros recursos durante a navegação. As propostas foram implementadas no ambiente de autoria de aplicações de ensino SASHE, porém demonstram ser bastante generalizáveis para outros domínios.

Trabalhos futuros incluem o teste e a avaliação do protótipo do SASHE aqui descrito, tanto do ponto de vista do usuário-autor, quanto do usuário-estudante; a adaptação (modificação de atributos e estratégias) do sistema SASHE para outros domínios de aplicação, notadamente Engenharia de Software; e finalmente sua generalização, através de uma linguagem de especificação para o autor, para outros domínios de aplicação. Vale ainda ressaltar que a documentação de desenvolvimento do sistema SASHE está sendo disponibilizada através do próprio SASHE.

Agradecimentos

Os autores agradecem as valiosas sugestões da Prof. Dr. Maria da Graça Campos Pimentel (ICMSC-USP) e a colaboração dos pesquisadores envolvidos no projeto HyperProp, especialmente os professores Dr. Luis Fernando G. Soares e Dra. Noemi R. Rodriguez, e Tais L. Batista, da PUC-Rio, e Prof. Guido L. Souza, da UFRN. Agradecemos também o apoio financeiro do CNPq, através do ProTeM-CC-II.

REFERÊNCIAS

- (Casanova et al. 1991) Casanova, M.A.; Tucherman, L.; Lima, M.J.; Rangel, J.L.; Rodriguez, N.R.; Soares, L.F.G. The Nested Context Model for Hyperdocuments In: *Third ACM Conference on Hypertext Proceedings*. San Antonio, Texas, December 1991. pp.193-201.
- (Freitag & Sullivan 1995) Freitag, E.T. & Sullivan, H. Matching Learner Preference to Amount of Instruction: An Alternative Form of Learner Control. *Educational Technology Research and Development*, 43(2), 1995, pp.5-14.
- (Fortes 1996) Fortes, R.P.M. Análise e Avaliação de Hiperdocumentos: uma abordagem baseada na Representação Estrutural *Tese de Doutorado*. IFSC-USP, São Carlos-SP. agosto de 1996.
- (Garzotto, Paolini & Schwabe 1993) Garzotto, F.; Paolini, P.; Schwabe, D. HDM - A Model-Based Approach to Hypertext Application Design *ACM Transactions on Information Systems*, v.11, n.1, pp.1-26, January 1993.
- (Hannafin & Sullivan, 1995) Hannafin, R.D. & Sullivan, H.J. Learner Control in Full and Lean CAI Programs. *Educational Technology Research and Development*, 43(1), 1995, pp.19-30.
- (Hardman, Bulterman & Van Rossum 1994) Hardman, L.; Bulterman, D.C.A.; Van Rossum, G. The Amsterdam Hypermedia Model: Adding Time and Context to the Dexter Model *Communications of the ACM*, v.37, n.2, pp.50-62, February 1994.
- (Isakowitz, Stohr & Balasubramanian 1995) Isakowitz, T.; Stohr, E.A., Balasubramanian, P. RMM: A Methodology for Structured Hypermedia Design *Communications of the ACM*, v.38, n.8, pp.34-44, August 1995.

- (Jona et al., 1991) Jona, M.; Bell, B. & Birnbaum, L. Button Theory: A Taxonomic Framework for Student-Teacher Interaction in Computer-Based Learning Environments. Technical Report, The Institute for the Learning Sciences. Northwestern University, April, 1991.
- (Large 1996) Large, A. Hypertext instructional programs and learner control: a research review *Education for Information* Vol 14, 1996, No. 2, pp.95-106.
- (Locatis, Letourneau & Banvard 1989) Locatis, M.R.; Letourneau, G.; Banvard, R. Hypermedia and instruction *Educational Technology Research and Development* 37(4), 1992, pp.65-77.
- (Morariu 1988) Morariu, J. Hypermedia in instruction and training: the power and de promise *Educational Technology* 28, 1988, pp.17-20.
- (Nunes, Vieira & Hasegawa 1996a) Nunes, M.G.V.; Vieira, F.M.C.; Hasegawa, R. Hip/Windows: um ambiente de autoria de hiperbase multimídia *Relatório Técnico do ICMSC-USP*, São Carlos-SP. 1996, 19p.
- (Nunes, Vieira & Hasegawa 1996b) Nunes, M.G.V.; Vieira, F.M.C.; Hasegawa, R. O ambiente HIP/Windows para a autoria de hiperdocumentos multimídia In: II Workshop em Sistemas Hipermídia. *Anais*. UFC, Fortaleza-CE, maio 1996. pp.130-138.
- (Schank, 1990) Schank, R.C. Teaching Architectures. Technical Report #3, The Institute for the Learning Sciences. Northwestern University, August 1990.
- (Schank & Edelson 1990) Schank, R.C.; Edelson, D.J. A Role for AI in Education: Using Technology to Reshape Education. Technical Report #1, The Institute for the Learning Sciences. Northwestern University, January 1990.
- (Schwabe, Rossi & Barbosa 1996) Schwabe, D.; Rossi, G.; Barbosa, S.D.J. Systematic Hypermedia Application Design with OOHDMD In: Hypertext'96, Washington DC, USA, March 1996. *Proceedings*. NewYork, ACM Press, 1996. pp.116-28.
- (Shin et al., 1994) Shin, E.C.; Schallert, D.L.; Savenye, W.C. Effects of Learner Control, Advisement, and Prior Knowledge on Young Students' Learning in a Hypertext Environment. *Educational Technology Research and Development*, 42(1), 1994, pp.33-46.
- (Soares et al. 1995) Soares, L.F.G. et al. HyperProp: Uma Visão Geral In: I Workshop em Sistemas Hipermídia Distribuídos. ICMSC-USP, São Carlos-SP, julho 1995, pp.1-12.
- (Staninger 1994) Staninger, S.W. Hypertext Technology: Educational Consequences. *Educational Technology*, 34(6), 1994, pp.51-53.
- (Steinberg, 1989) Steinberg, E.R. Cognition and learner control: a literature review, 1977-1988. *Journal of Computer-Based Instruction* 16(4), 1989, pp.117-121.
- (Zellweger, 1989) Zellweger, P.T. Scripted Documents: A Hypermedia Path Mechanism In: Hypertext'89, Pittsburgh, Pennsylvania, November 1989. *Proceedings*. New York, ACM Press, 1989. pp.1-14.

NOTAS DO ICMSC

SÉRIE COMPUTAÇÃO

- 032/97 DIOGO, T.; FRANCO, N.F. - High order product integration methods for Volterra integral equation with weakly singular Kernel.
- 031/96 ARENALES, M.N.; MORABITO, R. - A theory of the generation of cutting and packing patterns Part I: foundations.
- 030/96 TOMÉ, M.F.; CASTELO FILHO, A. ; MURAKAMI, J.; CUMINATO, J.A.; MINGHIM, R.; OLIVEIRA, M.C.F. - Numerical simulation of axisymmetric free surface flows.
- 029/96 TOMÉ, M. F.; CASTELO FILHO, A.; CUMINATO, J.A.; McKEE, S. - GENSMAC3D: Implementation of the Navier-Stokes equations and Boundary conditions for 3D free surface flows.
- 028/96 MARTINS, TERESA B.F.; GHIRALDELO, CLAUDETE M.; OLIVEIRA JR., O.N. - Readability formulas applied to textbooks in brazilian portuguese.
- 027/96 ALUISIO, SANDRA M.; OLIVEIRA, MARIA C.F. DE; NETO, ALVARO GARCIA; MASIERO, PAULO C.; OLIVEIRA JR., OSVALDO N. - Writing tools and a software architecture to assist writing in a foreing language.
- 026/96 ALUISIO, SANDRA M.; OLIVEIRA JR., OSVALDO N. - A detailed schematic structure of research paper introductions: an application in support-writing tools.
- 025/96 NUNES, M.G.V.; HASEGAWA,R.; KAWAMOTO,S.; OLIVEIRA, M.C.F. DE; TURINE, M.A.S.; GHIRALDELO, C. M.; OLIVEIRA JR., O.N.; RIOLFI, C.R.; SIKANSKI, N.S.; MARTINS, T.B. - Style and grammar checkers for brazilian portuguese.
- 024/96 FORTES, R.P.M. - Uma ferramenta orientada a links para avaliação de hiperdocumentos.
- 023/96 CANSIAN, A.M.; MOREIRA, E.S.; MAURO, R.B.; MORISHITA, F.T.; CARVALHO, A.C.P.L.F. - Um sistema adaptativo de detecção de instrusão em redes de computadores.