

# Planejamento Instrucional Reativo para o Sequenciamento Automático do Currículo

**Bruno Queiroz Pinto, Carlos Roberto Lopes, Márcia Fernandes**

Departamento de Informática – Universidade Federal de Uberlândia (UFU)  
Av. João Naves de Ávila, 2160 – 38400-902 – Uberlândia – MG – Brasil

brunoqueiroz@comp.ufu.br, {marcia, [crlopes](mailto:crlopes@ufu.br)}@ufu.br

**Resumo.** Neste artigo descreve-se um algoritmo para a geração automática de currículo que estará presente em um ambiente de apoio a educação a distância usando a Web. Este algoritmo será implementado em um agente pedagógico cuja arquitetura é baseada em duas camadas. Uma camada é responsável pela geração automática do currículo utilizando técnicas de planejamento apoiado em Inteligência Artificial. A outra camada é responsável pela execução do plano e também por reagir a eventos externos que correspondem a interações do estudante com o sistema.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Planejamento Instrucional, Sistema Tutores Inteligentes, Sequenciamento de Currículo.

**Abstract.** In this paper we describe an algorithm for the automatic curriculum generation that will be present in a support environment for long-distance education using the Web. This algorithm will be implemented in a pedagogical agent whose architecture is based on two layers. One layer is responsible for generating a curriculum based on an algorithm that uses artificial intelligence planning techniques. Another layer is responsible for the execution of the plan and also for reacting to external events that correspond to the interactions of the student with the system.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Instructional Planning, Intelligent Tutoring System, Automatic Curriculum Generation

## 1. Introdução

A educação a distância tem como objetivo principal possibilitar aos estudantes e tutores um novo modo de interação no processo de aprendizado. Para que a educação a distância seja eficaz é necessário que o usuário do sistema tenha a possibilidade de escolher qualquer horário e qualquer local para realizar o seu aprendizado. Para alcançar estes objetivos, abordagens baseadas na Internet, em particular na *World Wide Web*, têm sido usadas.

Sistemas educacionais baseados na Web se tornaram muito populares ultimamente e estão sendo usados por grupos de usuários muito heterogêneos. Estes usuários podem ter metas, conhecimentos, interesses e preferências bastante distintas entre si. Desta forma, para se conseguir que os processos de aprendizado sejam mais eficazes, os sistemas educacionais devem propiciar adaptatividade ao aprendizado. A adaptatividade em um sistema torna-o capaz de automaticamente modificar suas próprias características de acordo com suas inferências sobre as características particulares e necessidades específicas de um estudante. Estas modificações dependem do modo de interação do estudante com o sistema e do grau de conhecimento obtido.

Até o presente momento a maioria dos sistemas adaptativos e inteligentes para educação a distância via Web (EADW), não foram utilizados em situações reais de ensino [Brusilovsky 1999]. Portanto, é importante investigar as causas desta dissociação entre pesquisa e prática e desenvolver sistemas adaptativos e inteligentes que possam ser utilizados em educação a distância de forma efetiva.

Um aspecto que se entende ser de relevada importância para a obtenção de sistemas *EADW*, que apresentem inteligência e adaptatividade, consiste em fornecer automaticamente ao estudante uma forma personalizada de apresentação do conteúdo [Brusilovsky and Vassileva 2003]. Este processo de personalização do conteúdo também é conhecido como o problema do sequenciamento automático do currículo. Currículo, neste trabalho, corresponde a uma seqüência de conteúdo instrucional que deve ser ensinado ao estudante. Para solucionar o problema do sequenciamento automático do currículo é possível utilizar a técnica de **Planejamento Instrucional**.

Planejamento Instrucional é uma técnica capaz de auxiliar a individualização do conteúdo instrucional, adaptando-o as necessidades do estudante no processo de aprendizado [Wasson 1996]. Este processo pode ser automatizado através da utilização de técnicas de Planejamento apoiado em Inteligência Artificial (IA) [Cho 2000] [Wasson 1990] [Vassileva and Wasson 1996] [Brusilovsky and Vassileva 2003] [Wasson 1996].

Neste trabalho o agente não humano responsável pelo planejamento é chamado de **agente pedagógico**, que faz parte de um sistema Multi-Agente para educação a distância. O agente pedagógico faz uso de técnicas de planejamento apoiado em IA para fornecer ao estudante um aprendizado personalizado e flexível, no qual o estudante não fica dependente de horários e locais específicos para a realização do processo de aprendizado.

Na seção 2 será mostrado como a técnica de planejamento instrucional pode ser utilizada para o sequenciamento automático do currículo. Então, na seção 3 será apresentado o sistema SimEduc no qual o planejamento instrucional é implementado e também como será a implementação do agente pedagógico. Finalizando, na seção 4 será apresentada uma conclusão sobre o trabalho e possíveis extensões.

## 2. Planejamento Instrucional

Um dos grandes benefícios da educação a Distância é a independência da sala de aula. Além disto, um curso proposto dentro deste contexto pode ser utilizado para atingir uma quantidade expressiva de estudantes. Um aspecto importante neste tipo de educação é que o estudante não conta com uma assistência personalizada e inteligente como normalmente ocorre no ensino presencial. Um outro aspecto a ser observado é que estudantes, neste tipo de curso, podem apresentar perfis bastante diferenciados. Em virtude disto, um desafio em pesquisa é o desenvolvimento de aplicações educacionais apoiadas na Web que possam oferecer alguma

quantidade de inteligência e adaptatividade considerando os aspectos mencionados anteriormente [Queiroz et. al. 2002] [Queiroz et. al. 2003].

A utilização de técnicas de planejamento instrucional busca satisfazer as dificuldades mencionadas no parágrafo anterior, pois ela é uma técnica utilizada para individualizar as atividades de aprendizado propiciando um aprendizado personalizado aos estudantes. Em sistemas educacionais baseados na Web, técnicas de planejamento instrucional também são chamadas de técnicas de sequenciamento do conteúdo.

As técnicas de planejamento instrucional podem ser utilizadas para projetar o componente instrucional de um sistema de educação a distância. Este componente é responsável por determinar o que será feito em cada interação instrucional. Este componente deve ser capaz de lidar com conhecimentos incertos e incompletos [Wasson 1990].

No contexto de ambientes dinâmicos como a Web, técnicas de planejamento instrucional mostram-se muito importante para guiar o estudante através do processo de aprendizado. Tal técnica já foi implementada em alguns sistemas educacionais, tais como Scent [Wasson 1990], CircSim [Cho et. al. 1999], Tobie [Vassileva 1995].

O planejamento instrucional pode ser usado para suportar várias estratégias instrucionais tais como: Tutoria Tradicional, Aprendizagem Cognitiva, Treinamento (Coaching), Diálogo Socrático, [Casas 1999] [Wasson 1996].

Um sistema, no qual o planejamento instrucional é desenvolvido, deve ser capaz de monitorar a execução do plano gerado, para que seja possível identificar possíveis falhas. Identificando uma possível falha, o planejador precisa ser capaz de reagir com uma ação apropriada para solucionar a falha encontrada. A cada falha encontrada o planejador precisa determinar se o plano que está sendo executado deve ser interrompido, modificado ou abandonado [Wasson 1996].

Em planejamento Instrucional a tomada de uma decisão pedagógica é feita através da escolha do conteúdo a ser apresentado ao estudante e também de como apresentar este conteúdo. Estas tarefas são realizadas respectivamente pelo **planejador de conteúdo** e o **planejador de apresentação** [Vassileva and Wasson 1996].

O *planejador de conteúdo* utiliza informações existentes sobre o estudante, sobre o domínio e sobre pedagogia para gerar, ordenar e selecionar os conteúdos instrutivos apropriados ao estado cognitivo do estudante. Ele utiliza as informações existentes sobre o domínio junto com regras pedagógicas para produzir um plano de conteúdo que, se cumprido com sucesso pelo planejador de apresentação, fornecerá ao estudante o conhecimento necessário para aprender um determinado tema.

O *planejador de apresentação* verifica as preferências de aprendizado do estudante a fim de escolher o material que seja mais adequado a elas. Planejamento de apresentação deve decidir qual será a seqüências da apresentação de explicações, listas, problemas, explorações. E também como administrar a iniciação em um diálogo tutorial.

### **3. SimEduc – Sistema Inteligente Multiagente para Educação a Distância**

O sistema SIMEDUC é uma proposta de uma arquitetura para educação a distância com características de adaptatividade e inteligência [Dorça et. al. 2003]. A arquitetura do Sistema SIMEDUC é baseada na abordagem de *Sistemas Tutores Inteligentes* e *Sistemas Multi-agentes*. Um dos agentes que constitui este sistema, o agente pedagógico, é responsável por implementar o planejamento instrucional, que é o tema principal deste trabalho. Para se implementar o planejamento instrucional é necessário que haja uma representação do conhecimento, que permita ao sistema identificar os conteúdos mais apropriados às preferências e ao estado cognitivo de um estudante. Para representar as preferências e o estado cognitivo também é necessário uma modelagem do estudante apropriada.

O desenvolvimento do sistema faz uso da abordagem de Multi-Agentes. Num sistema Multi-Agente, os "agentes" se comunicam e interagem para alcançarem objetivos comuns e individuais. Sistemas educacionais desenvolvidos com estas características tendem a serem eficazes, pois vão de encontro à natureza da solução dos problemas de ensino-aprendizagem que geralmente são resolvidos de forma participativa [Dorça et. al. 2003].

Neste trabalho é utilizado uma representação lógica para o conhecimento, do domínio e do estudante, necessários ao processo de planejamento instrucional. Esta representação lógica é feita através de fórmulas na lógica de predicados de primeira ordem.

### 3.1 Modelagem de dados:

Para a implementação do agente pedagógico é necessária uma boa representação do conhecimento do domínio. O agente pedagógico necessitará de informações pedagógicas de cada um dos conteúdos existentes no domínio. Estas informações serão utilizadas na adaptação e individualização da seqüência de conteúdo, que deverá ser apresentada ao estudante. A proposta de representação do conhecimento foi inspirada no sistema *ABITS* [Capuano et. al. 2000]. Nesta proposta, a base de conhecimento é composta por duas partes:

- Base de Material Didático: Contém todo tipo de material que pode ser apresentado na Web, esta base pode estar centralizada em um servidor ou espalhada em vários servidores pela Internet.
- Base Metadata: Contém as informações necessárias para indexar os materiais didáticos, atribuindo-lhes significados e relacionando as dependências entre eles.

A base de conhecimento utiliza o padrão *LTSC LOM (Learning Object Metadata)* da IEEE [Hodgins 2001]. Neste padrão, um objeto de aprendizado representa algum material que pode ser apresentado na Web como por exemplo: uma lição (uma página HTML), uma simulação (um applet Java), um mundo virtual (um arquivo VRML), um teste (uma página HTML com um formulário de avaliação) e outros tipos de objetos suportados na Web [Capuano et. al. 2000]. Um objeto de aprendizado define o conjunto mínimo de propriedades necessárias para permitir o gerenciamento, a localização e a avaliação do material representado pelo objeto [Queiroz et al 2003].

A adoção do padrão da IEEE foi tomada pela necessidade de um padrão já aceito pela comunidade, isso se deve pela capacidade de reutilização de materiais já prontos na Internet. Outra característica importante deste padrão é a capacidade de armazenar uma grande diversidade de informações pedagógicas, estas informações estão contidas na categoria educacional, mostrada na tabela 1. Esta tabela resume todas as categorias e dados que constituem o esquema Metadata do sistema proposto. Este esquema é uma derivação do IEEE LTSC LOM.

**Tabela 1: Informações existentes dentro de um objeto de aprendizado.**

<i>Geral</i>	<i>Técnica</i>	<i>Educacional</i>	<i>Ciclo de Vida</i>
Código	Tem conteúdo	Tipos Pedagógicos	Versão
Título	Formato	Tipo de Interatividade	Data da Criação
Idioma	Tamanho	Nível de interação	
Descrição	Localização	Densidade Semântica	<b>Gerenciamento</b>
Domínio	Requerimento	Ambiente Educacional	Descrição
Estrutura	. Tipo	Duração	Nome do Autor
Nível Agregação	. Nome	Nível de dificuldade	Custo
	. Versão Máxima	Idade Usuário	
	. Versão Mínima	Tempo de Aprendizado	

Os relacionamentos e a interdependência entre os objetos de aprendizado serão representados em um grafo conceitual. Este pode ser visto como uma estrutura de conceitos e relacionamentos conceituais, no qual todas as arestas estabelecem um relacionamento conceitual entre dois objetos, um objeto fonte e um objeto

destino. Existe vários tipos de relacionamentos neste grafo, tais como: Requer, Tem-Subconceito, Tem-Especialização, ÉResumido, etc.

### 3.2. Modelagem do Estudante:

Em muitos instantes um Sistema Tutor Inteligente deve ser capaz de determinar tanto o estado cognitivo, como as preferências de aprendizado de cada estudante. Estas informações constituem o modelo do estudante [Capuano et. al. 2000]. O estado cognitivo pode ser definido como o grau de conhecimento, atingido por um estudante. Nas preferências de aprendizado estão armazenadas todas as informações sobre a capacidade perceptiva do estudante (por exemplo, para que tipo de material um estudante se mostra mais receptivo). As informações contidas no modelo do estudante são utilizadas na individualização do conteúdo e também na forma como este será apresentado ao estudante.

A modelagem do estudante ainda está sendo desenvolvida no projeto SIMEDUC. Neste trabalho utilizou-se a abordagem *Overlay* para representar o estado cognitivo do estudante. Este tipo de modelagem permite uma representação mais detalhada do estudante [Suraweera 2001]. Traduz os conhecimentos do estudante sobre o domínio como um subconjunto do domínio do conhecimento.

Para representar o estado cognitivo do estudante foi utilizado conjuntos Fuzzy [Dubois and Prade 1997]. A utilização de conjuntos Fuzzy se deve à necessidade de representar imprecisão na avaliação do estado cognitivo do estudante.

### 3.3. Agente Pedagógico:

O ponto central da proposta apresentada neste artigo é o Agente Pedagógico. Este agente é o componente do sistema SIMEDUC responsável por simular uma ferramenta que deve auxiliar o tutor humano durante o aprendizado dos estudantes. Este agente deve ser capaz de gerar uma seqüência de conteúdo para o estudante, monitorar a apresentação desta seqüência e intervir no aprendizado quando o estudante apresentar alguma dificuldade de aprendizado.

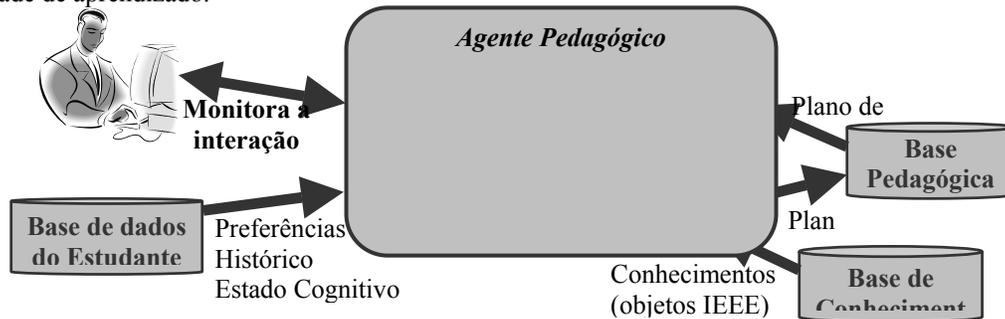


Figura 1: Arquitetura do Agente Pedagógico

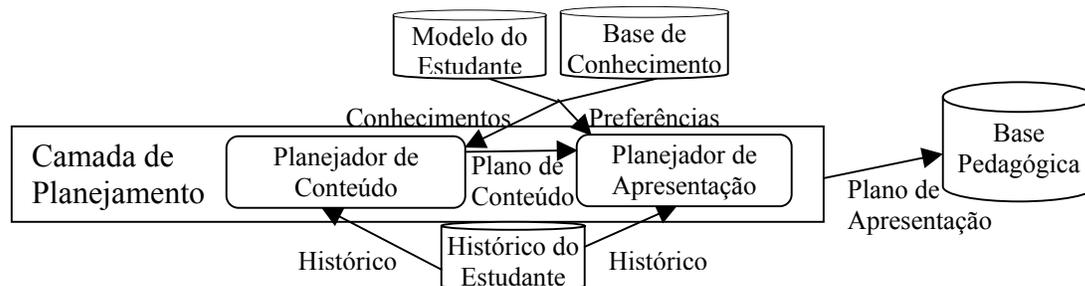
Na figura 1 é possível ver a arquitetura proposta para este agente. Nesta arquitetura, o agente pedagógico é dividido em duas camadas: a camada de planejamento, na qual é gerada a seqüência de materiais instrucionais e a camada reativa responsável por monitorar a apresentação do curso e reagir a eventos que ocorram nela.

O agente pedagógico deve ser capaz de reagir, com a maior rapidez possível, a qualquer modificação que possa ocorrer no modelo do estudante. Para ser capaz desta tarefa, o agente utiliza técnicas de planejamento reativo. Nesta abordagem, a camada reativa seria uma camada de controle, enquanto a camada de planejamento seria responsável pela geração da seqüência de conteúdo. Técnicas de planejamento reativo é uma abordagem de planejamento apoiado em IA utilizada em ambientes dinâmicos.

A apresentação da seqüência de conteúdo não é capaz de garantir que o estudante consiga adquirir conhecimento suficiente, pois o ambiente de ensino é extremamente dinâmico. Por este motivo, é necessário a adoção de estratégias de controle da execução, como a existente na camada reativa. Nesta estratégia, a apresentação será monitorada, podendo ser modificada quando se mostrar necessário.

As duas camadas existentes no agente pedagógico devem estar integradas. Desta forma, à medida que a camada de planejamento gera a seqüência de conteúdo, a camada reativa começará a apresentar esta seqüência.

A camada de planejamento, vista na figura 2, além de gerar a seqüência de conteúdo, também deve ser capaz de gerar planos para modificar o conteúdo quando a camada reativa identificar alguma dificuldade no aprendizado do estudante. Mas, se não for possível modificar o conteúdo, será necessário fazer o seu replanejamento.



**Figura 2: Arquitetura da Camada de Planejamento.**

Como mostrado na seção 2, o planejamento instrucional é dividido em duas partes o planejamento de conteúdo e o planejamento de apresentação. O planejador de conteúdo proposto, inclui um conjunto de regras, um conjunto de operadores primitivos e abstratos e alguns métodos de decomposição que são responsáveis por gerar o plano de conteúdo. Para isto, o sistema utiliza informações existentes em algumas bases de dados do sistema. Os métodos de decomposição são responsáveis em definir como será apresentado um determinado conteúdo ao estudante. É nestes métodos que as estratégias de ensino são implementadas.

A proposta, apresentada neste artigo, difere das propostas já implementadas de planejamento instrucional, nas quais o planejamento de conteúdo apenas seleciona o conteúdo a ser apresentado e o planejamento de apresentação seleciona as atividades instrucionais e faz a personalização do conteúdo através das preferências do estudante. Nesta proposta o planejamento de conteúdo, além da sua função de selecionar o conteúdo, é responsável por selecionar as atividades instrucionais (os materiais instrucionais), ficando a cargo do planejamento de apresentação apenas a personalização do conteúdo através das preferências do estudante.

Esta estratégia foi adotada pelo modo de implementação utilizado no planejador de conteúdo. Este planejador utiliza técnicas de planejamento hierárquico, possibilitando decompor um determinado conceito em um conjunto de atividades instrucionais capazes de fazer o estudante aprendê-lo. A inserção das atividades instrucionais na fase de planejamento de conteúdo se deve ao fato que os objetos, que são sub-conceitos e especializações do conceito representado pelo objeto referenciado pelo operador abstrato, são necessários ao planejador de conteúdo. Estes objetos são encontrados através dos métodos de decomposição contidos na fase de planejamento de conteúdo. Estes mesmos métodos são responsáveis por selecionar as atividades instrucionais adequadas.

Já o conjunto de regras, responsável por coordenar o algoritmo de planejamento, é dividido em três partes: as regras de controle, as regras de seleção de operadores e as regras de seleção da decomposição. As regras de controle coordenam todo o processo do planejador de conteúdo. As regras de seleção de operadores são responsáveis em selecionar um operador adequado para satisfazer uma meta instrutiva selecionada pelas regras de controle. As regras para geração da decomposição são responsáveis em decompor um operador selecionado pelas regras de seleção de operadores em um conjunto de materiais instrucionais.

```

Planejador(metaInstrucional, estudante) {
01   plano = montaPlanoInicial(metaInstrucional, estudante);

02   Enquanto(pilhaOperadores != vazio e pilhaMetas != vazio) {
03     if (pilhaMetas != vazio) {
04       subMeta = selecionaMetaNTratada(pilhaMetas)
05       operador = selecionaOperador(subMeta);
06       insereOperador(operador);
07     }
08     else {
09       planApresentacao(selecionaOperadorPrimitivo(pilhaOperadores));
10       opAbstrato = selecionaOperadorAbstrato(pilhaOperadores);
11       planoDecomposicao = Decomp(opAbstrato);
12       concatena(plano, planoDecomposicao);
13     }
14  }}

```

**Figura 3: Algoritmo do Planejador de Conteúdo.**

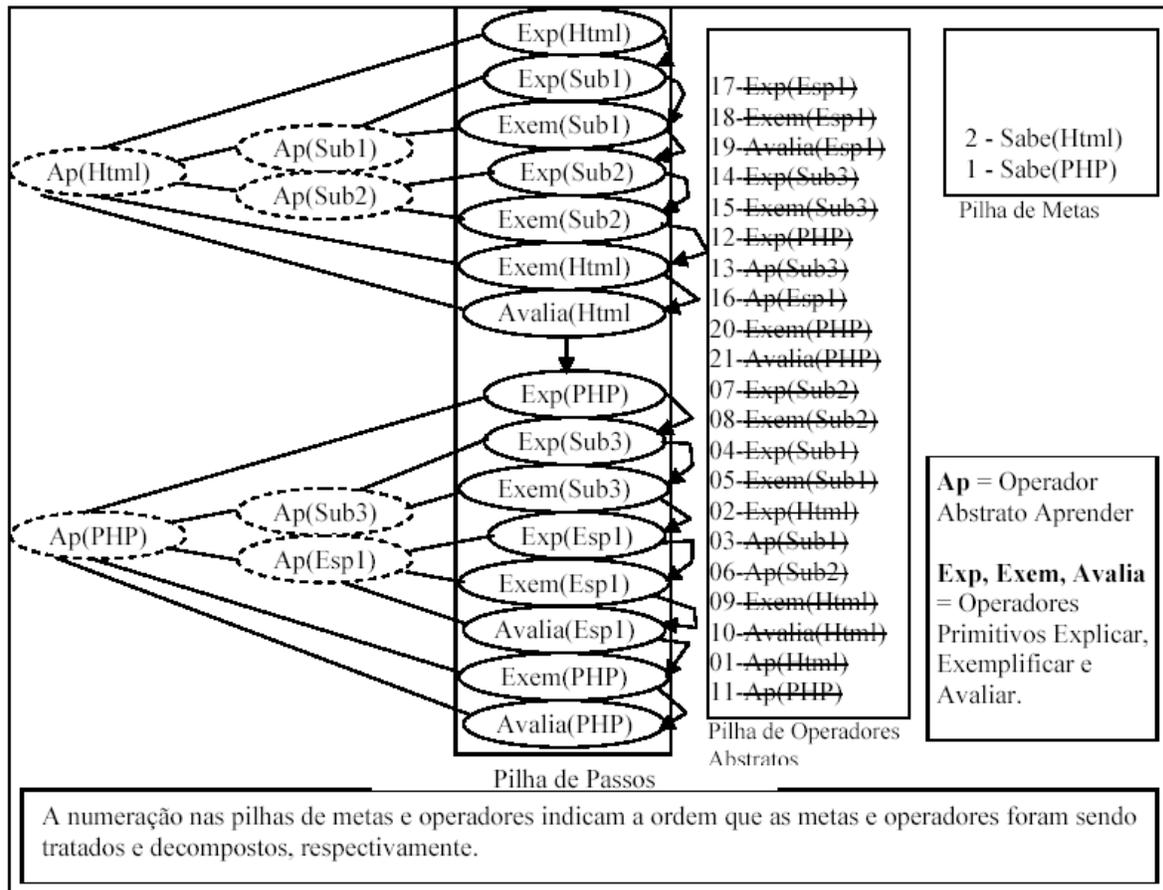
Estas regras são utilizadas em um algoritmo de planejamento, mostrado na figura 3. Este algoritmo é executado dentro de uma estrutura de repetição, que será finalizada quando todas as metas e sub-metas do curso forem satisfeitas e todos os operadores abstratos decompostos. Se existe uma meta a ser tratada, o planejador deve escolher um operador abstrato capaz de tratá-la e então deve inseri-lo no plano e também na pilha de operadores. No caso de não haver metas a serem tratadas, o algoritmo deve selecionar o operador que está no topo da pilha de operadores. Se este operador for primitivo, ele deve ser enviado ao planejador de apresentação que será responsável por personalizá-lo e armazená-lo na base pedagógica. Entretanto, se o operador for abstrato, o planejador deverá decompô-lo em conjunto de operadores primitivos e abstratos. O resultado desta decomposição deverá ser concatenado ao plano.

Aplicando estas regras, o planejador será capaz de selecionar todas as metas e sub-metas existentes e utilizar os operadores adequados para mostrá-las ao estudante. O resultado da execução deste algoritmo pode ser visto na figura 4. O objetivo a ser alcançado, nesta execução, é o estudante ter conhecimento suficiente sobre a linguagem **PHP**. Neste exemplo é assumido que o estudante não tem nenhum conhecimento sobre os conceitos envolvidos. Desta forma, o único operador abstrato, utilizado no exemplo, será o operador **Aprender (Ap)**. Os passos desta execução são os seguintes:

1. No início do processo, existe apenas a meta *Sabe(PHP)* na pilha de metas. Desta forma, o planejador seleciona o operador **Ap(PHP)** para esta meta. A seleção deste operador se deve ao estado cognitivo do estudante. Na seleção desta meta, o planejador identifica que o conceito *PHP* requer o conceito *Html*. Assim, o planejador criará a meta *Sabe(Html)* e a colocará na pilha de Metas.
2. Como ainda existe a meta *Sabe(Html)*, o planejador irá selecionar um operador adequado, neste caso seria o operador **Ap(Html)**.
3. Não existindo metas, o planejador irá selecionar o primeiro operador da pilha de operadores. Neste caso seria o operador **Ap(Html)**. Então, o planejador faria a decomposição deste operador. Esta decomposição substituiria o operador **Ap(Html)** na pilha de operadores. Nesta decomposição, além dos operadores primitivos, responsáveis por ensinar o conceito *Html*, também existem dois operadores abstratos que representariam os sub-conceitos, *Sub1* e *Sub2*, necessários ao conceito *Html*.
4. O operador que se encontra no topo da pilha é um operador primitivo, neste caso seria o operador **Exp(Html)**. Desta forma, este operador deverá ser selecionado e enviado para o planejador de apresentação que irá personalizá-lo e armazená-lo na base pedagógica. O próximo operador no topo da pilha é o **Ap(Sub1)**, este operador ensinará um dos sub-conceitos do conceito *Html*. Desta forma, o

planejador irá decompô-lo e substituí-lo na pilha de operadores. Nesta decomposição só serão encontrados operadores primitivos.

5. A decomposição do operador abstrato **Ap(Sub1)** gerou uma seqüência de operadores primitivos, que serão enviados para o planejador de apresentação. Então, será a vez do operador **Ap(Sub2)** ser decomposto.



**Figura 4: Resultado da Execução do Planejador de Conteúdo.**

6. A seqüência de operadores primitivos gerados pela decomposição do operador **Ap(Sub2)** serão enviados ao planejador de apresentação. Além destes operadores, os operadores primitivos **Exem(Html)** e **Avalia(Html)** também deverão ser enviados. Neste momento, todos os operadores gerados pela decomposição do operador **Ap(Html)** já foram enviados ao Planejador de Apresentação. O próximo operador a ser decomposto será o operador **Ap(PHP)**. Nesta decomposição serão encontrados os operadores primitivos responsáveis por ensinar o conceito *PHP* e também operadores abstratos que devem ensinar um sub-conceito (*Sub3*) e uma especialização (*Esp1*) do conceito *PHP*.
7. O operador primitivo **Exp(PHP)**, gerado na decomposição do **Ap(PHP)**, será enviado ao planejador de apresentação. Então o Operador **Ap(Sub3)** será decomposto. Apenas operadores primitivos serão gerados nesta decomposição.
8. A decomposição do **Ap(Sub3)** gerou uma seqüência de operadores primitivos que serão enviados ao planejador de apresentação. O próximo operador na pilha será o operador **Ap(Esp1)**, que deverá ser decomposto.
9. A decomposição do operador **Ap(Esp1)** gerou uma seqüência de operadores primitivos que serão enviados ao planejador de apresentação. Além destes operadores, na pilha de operadores existirão

operadores primitivos para o conceito *PHP* que também deverão ser enviados ao planejador de apresentação. Neste momento todos os operadores já foram decompostos e enviados para a personalização e armazenamento. E como não existem mais metas, o algoritmo chega ao seu fim.

No exemplo de execução, mostrado na figura 4, é importante destacar que a decomposição utilizada, decompõe um operador abstrato em um conjunto de materiais instrucionais, que são capazes de ensinar o conceito que é a meta instrucional a ser tratada. Além da decomposição apresentada, existem outras para operadores abstratos diferentes.

O planejador de apresentação é responsável por personalizar o conteúdo gerado pelo planejador de conteúdo. Para realizar esta tarefa, são utilizadas as preferências do estudante, contidas no modelo do estudante, as informações sobre os objetos de aprendizado, contidas na base de conhecimento e também o histórico de atividades do estudante dentro do sistema, contido no histórico do estudante. O planejador de apresentação utiliza estas informações junto com as regras de personalização para poder personalizar a seqüência de conteúdo de acordo com as preferências do estudante. Estas regras são divididas em três conjuntos de regras: as regras de seleção de operadores, as regras de seleção de objetos e as regras de filtragem de objetos.

O Sistema SIMEDUC, no qual o planejamento instrucional reativo será implementado, se encontra em um ambiente extremamente dinâmico. Neste ambiente, o estudante a qualquer momento pode apresentar uma dificuldade de aprendizado, pode ficar com pouca motivação ou com pouca atenção. Cada uma destas dificuldades será identificada pelo planejador como um evento externo, gerado pelo estudante. Para cada um destes eventos será necessário ao sistema reagir em tempo de execução. A camada reativa do agente pedagógico é responsável por possibilitar esta reação. Para isto, ela deve monitorar a interação do estudante com o sistema e se necessário providenciar uma reação adequada.

Para controlar esta reação o agente utiliza um conjunto de regras, que serão responsáveis em selecionar a reação mais adequada a um determinado evento que possa aparecer no decorrer do processo de aprendizado. Se o componente reativo identifica um evento gerado pelo estudante, ele procederá da seguinte forma:

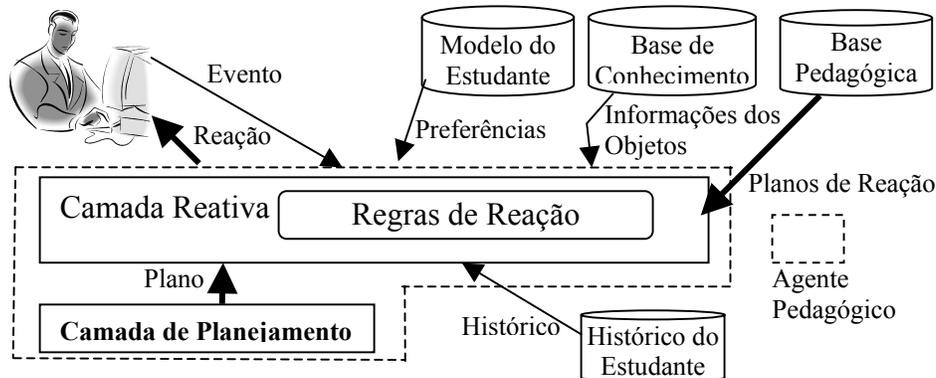
- Primeiramente, tentará encontrar um plano de reação para o evento encontrado, estes planos podem ter sido criados pelo tutor ou também podem ser planos que foram gerados anteriormente.
- Se não foi possível encontrar um plano de reação pronto, a camada de planejamento será chamada para gerar um plano de reação que seja capaz de tratar as dificuldades apresentadas pelo estudante.
- Mas se o planejador não for capaz de gerar este plano de reação, ele replanejará a seqüência de conteúdo, tentando assim ensinar o conteúdo ao estudante em um formato diferente.

Um plano de reação consiste em uma seqüência de objetos de aprendizados que serão responsáveis em tratar um evento gerado pelo estudante. Existe diversos eventos que podem ser identificados, uma lista de alguns destes eventos é apresentada abaixo [Vassileva 1995].

- Em um questionário pode ocorrer uma demora ou rapidez na resposta do estudante.
- O estudante pode estar gastando um tempo inadequado em cada objeto de aprendizado.
- O estudante teve um desempenho ruim em um questionário.
- O sistema identificou que o estudante aprendeu o conteúdo de maneira errada
- A máquina atual do estudante não tem o requisito necessário para apresentar o material.

Para cada um destes eventos haverá um conjunto de planos de reações. Por exemplo, na falta de algum requisito na máquina do estudante, poderá existir um plano de reação, no qual existem objetos com conteúdos semelhantes que tenham todos os requisitos atendidos pela máquina do estudante. A maioria dos eventos listados acima podem ser resolvidos com um simples plano de reação, ou mesmo serem desconsiderados. Mas no caso de ocorrer um desempenho ruim em um questionário ou aprendizado do

conteúdo de forma errada, e se o sistema não encontrar um plano de reação adequado, a camada reativa ordenará a camada de planejamento para fazer o replanejamento da seqüência de conteúdo.



**Figura 5: Arquitetura da Camada Reativa.**

Para controlar a reação, a camada reativa utiliza um conjunto de regras de reação junto com informações provenientes de várias bases de dados, como mostrado na figura 5.

O conjunto de regras de reação, responsável em coordenar o processo de reação, é dividido em três partes. O primeiro deles são as regras de seleção da reação, que são responsáveis por identificar um evento ocorrido e invocar uma regra de um outro conjunto de regras, as regras de tratamento de eventos. Este segundo conjunto é utilizado para selecionar uma reação adequada para o evento encontrado. Por fim o ultimo conjunto de regras é utilizado para auxiliar os outros dois conjuntos no processo de personalização.

#### 4. Conclusão:

Neste artigo foi descrito um sistema educacional baseado na Web que utiliza técnicas de Inteligência Artificial para fornecer um aprendizado personalizado ao estudante. A adaptatividade e a geração automática da seqüência de conteúdo são características importantes que introduzem inteligência em sistemas educacionais baseados na Web. Para alcançar estas características foi proposto um agente pedagógico que utiliza técnicas de planejamento reativo para gerar a seqüência de conteúdo e monitorar a interação entre o estudante e o sistema. O agente pedagógico considera eventos externos que podem ocorrer durante o processo de aprendizado. Estes eventos externos seriam situações na qual o estudante apresenta algum comportamento ou desempenho não previsto na fase de planejamento.

Uma extensão possível para o trabalho proposto, seria a definição de uma quantidade maior de eventos que poderiam ocorrer durante o processo de aprendizado. Outro ponto a ser investigado diz respeito à definição de reações adequadas para cada um destes eventos. Uma outra extensão poderia ser a definição de outras estratégias de ensino, que seria incorporado na proposta através de novos métodos de decomposição.

A educação a distância apoiada na Web permite que estudantes localizados em diferentes lugares possam fazer um determinado curso. Isto dá uma idéia do impacto social e econômico que pode ser alcançado por meio deste projeto. Abre-se um espaço para uma maior democratização do ensino e aumento da formação e qualificação de recursos humanos. Através de planejamento tecnológico e didático adequado pode-se levar o conhecimento para muitos, gerando novas oportunidades de crescimento para a sociedade. A EADW representa uma poderosa convergência de oportunidade tecnológica e necessidade econômica.

## Referências:

- Brusilovsky, P. (1999) "Adaptive and intelligent technologies for web-based education", *KI - Kunstliche Intelligenz* 13, n°. 4, 19–25.
- Brusilovsky, P. and Vassileva, J. (2003) "Course sequencing techniques for large-scale web-based education", *Int. J. Cont. Engineering Education and Lifelong Learning*, Vol. 13, Nos.1/2.
- Capuano, N. and Marsella, M. and Salerno, S. (2000) "Abits: An agent based intelligent tutoring system for distance learning", In: *International Workshop on Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems*, Montreal, Canada.
- Casas, L. (1999) "Contribuições para a modelagem de um ambiente inteligente de educação baseado em realidade virtual", Ph.D. thesis, Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.
- Cho, B. (2000) "Dynamic planning models to support curriculum planning and multiple tutoring protocols in intelligent tutoring systems", Ph.D. thesis, Illinois Institute of Technology, July.
- Cho, B. and Michael, J. A. and Rovick, A. A. and Evens, M. W. (1999) "A curriculum planning model for an intelligent tutoring system", In: *Twelfth International Florida Artificial Intelligence Research Society Conference (FLAIRS Conference)*, A. N. Kumar and I. Russell, eds., AAAI Press, Orlando, USA, May, pp. 197–201.
- Dorça, F. A. , and Fernandes, M. A. and Lopes, C. R. (2003) "A multiagent architecture for distance education systems", *Aceito* In: *III IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2003)*, Atenas, Grécia, Julho.
- Dubois, D. and Prade, H., *Fuzzy sets and systems - theory and applications*, Academic Press, New York, November 1997.
- Hodgins, W. (2001), "Draft Standard for Learning Object Metadata", IEEE Learning Technology Standards Committee (LSTC), [database online], [cited Jun. 12, 2002]. Available [http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM\\_WD6-1\\_1.pdf](http://ltsc.ieee.org/doc/wg12/LOM_WD6-1_1.pdf)
- Queiroz, B. and Lopes, C. and Fernandes, M. A. (2003) "Using the ieee ltsc lom standard in instructional planning", *Learning Technology Newsletter*, 5.
- Queiroz, B. and Lopes, C. and Fernandes M. (2002) "Geração Automática de currículo para um Sistema Educacional Baseado na Web", In: *XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, Editora Unisinos, Edited by S. C. C. S. Pinto, São Leopoldo, Brasil, 515-518.
- Suraweera, P. (2001), "An Intelligent Teaching System for Database Modelling", Master thesis, University of Canterbury, New Zealand.
- Vassileva, J. (1995) "Reactive instructional planning to support interacting teaching strategies", In: *7-th World Conference on AI and Education AIED'95*, pp. 334–342.
- Vassileva, J. and Wasson, B. (1996) "Instructional planning approaches: from tutoring towards free learning", In: *EuroAIED'96 (Lisboa, Portugal)*, pp. 1–8.
- Wasson, B. (1990), "Determining the focus of instruction: Content planning for intelligent tutoring systems", Ph.D. thesis, University of Saskatchewan, Canada, June.
- Wasson, B. (1996), "Instructional planning and contemporary theories of learning: Is this a self-contradiction?", In: *the European Conference on Artificial Intelligence in Education (Lisboa, Portugal)*, pp. 23–30.