

Desenvolvimento de um Sistema Tutor Inteligente baseado em Agentes no contexto de uma Aula Virtual Adaptada

1. 1. Introdução

No contexto do ensino a distância, a Internet representa um meio bidirecional de comunicação entre indivíduos (alunos e professores). Assim, torna-se possível disponibilizar um conjunto de ferramentas de apoio ao ensino-aprendizagem via computador (lista de discussão, "chats", correio eletrônico, hipertexto, sistemas tutores inteligentes entre outros).

Neste trabalho, apresenta-se o TUTA: um **Tutor Baseado em Agentes**, que leva em conta os princípios e modelos de um Sistema Tutor Inteligente (Wenger, 1987), considerando que tais modelos são representados por Agentes com as seguintes características (Wooldridge, 1995): Autonomia, Reatividade e Habilidade Social.

O TUTA situa-se no contexto do ensino a distância e pode ser utilizado por um professor para auxiliá-lo nas tarefas de ensino-aprendizagem (exemplo: o ensino da orientação a objetos) para um grupo de alunos geograficamente distantes (via Internet). Esse tutor está inserido no contexto da Arquitetura de uma Aula Virtual Adaptada (ACVA) (Hernández-Domínguez, 1995) (Hernández-Domínguez, 1997[AdS1]).

O restante do artigo está organizado como segue. Na seção 2 descreve-se a arquitetura em que o TUTA está inserido e na seção 3 apresenta-se a definição dos requisitos funcionais, os casos de uso e a modelagem do TUTA. Na seção 4, apresenta-se sua implementação e na seção 5 são feitas as considerações finais.

[AdS1] Comentário:

2. ACVA (Arquitetura de uma Classe Virtual Adaptada)

No contexto da ACVA são consideradas duas classes de *sites* em um ambiente *multi-site* para educação a distância (Figura 1):

- a) a) O *site*^[1] central composto de um conjunto de componentes reusáveis denominados de: **SITB** (do inglês: *Service Independent Training Building Block*). Esse *site* representa um servidor de entidades a serem reutilizadas (neste trabalho, as entidades são de natureza didática, como: definições, exemplos, questões de escolha múltipla, questionários, entre outros).
- b) Os *sites* descentralizados que permitem que os estudantes participem de uma aula personalizada (via Internet). Neste caso, o computador é utilizado no controle das tarefas e das sessões de treinamento.

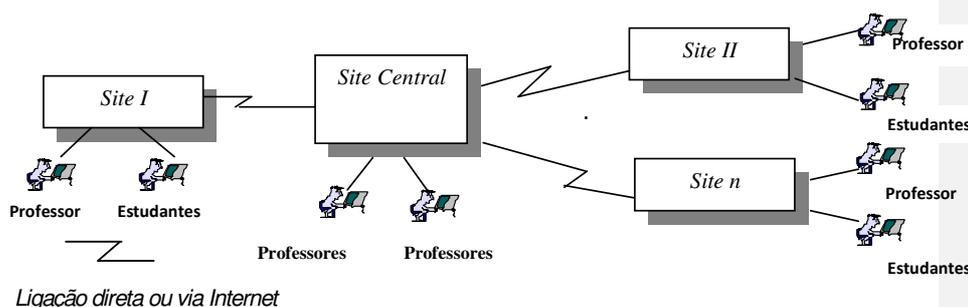


Figura 1: O ambiente *multi-site* ACVA no contexto de ensino a distância.

No contexto da educação a distância, os elementos armazenados no *site* principal devem ser representados, armazenados e reutilizados utilizando uma representação padronizada (padrão de desenvolvimento interno). A arquitetura de cada *site* descentralizado também é única e padrão (padrão de desenvolvimento interno). Tal arquitetura é representada por quatro níveis de abstração ou camadas (Hernández-Domínguez, 1995), (Hernández-Domínguez, 1997) (Figura 2):

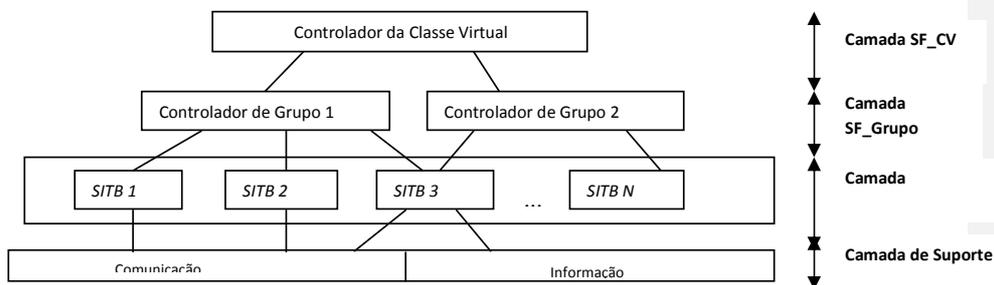


Figura 2: Arquitetura da Classe Virtual Adaptada (ACVA)

Na ACVA é considerado que uma classe virtual é composta de diversos grupos heterogêneos, onde cada grupo permite que um conjunto de estudantes participem de uma sessão de ensino-aprendizagem. Tal arquitetura é dita adaptada ou personalizada porque permite e controla a *mobilidade lógica* dos estudantes dentro dela (mudanças *inter-grupo* e *intra-grupo*). A seguir, encontra-se uma breve descrição das camadas ilustradas anteriormente:

- a) **a) Camada de Suporte:** Esta camada permite o armazenamento da informação e o controle da comunicação entre estudantes (*inter-grupo* ou *intra-grupo*) e/ou com o professor (comunicação individual ou em grupo) via Internet.
- b) **b) Camada de Serviços de Formação Básicos (SF_Básicos):** Esta camada contém um conjunto de componentes ou *SITB's* reusáveis, permitindo a cada controlador de grupo (tutor) utilizar recursos em comum.
- c) **c) Camada de Serviços de Formação de Grupo (SF_Grupo):** Esta camada é manuseada por um controlador de grupo, onde cada grupo é associado a um nível de conhecimento. Esta camada representa um tutor *on-line* de um grupo de estudantes, o nível real captado de conhecimento para cada estudante deve pertencer ao nível do grupo, caso contrário o estudante é candidato a mudar de grupo. O SF_Grupo leva em conta um primeiro nível de adaptação no interior do grupo ou *intra-grupo* e isto é feito via o controle de zonas de comportamento (normal, intermediária e crítica) (Hernández-Domínguez,1995).
- d) **d) Camada de Serviços de Formação da Classe Virtual (SF_CV):** Esta camada é manuseada pelo controlador de classe, que detém o controle pedagógico dos grupos de aprendizagem da classe virtual, onde cada grupo é classificado por um nível de conhecimento. As mudanças de grupo pelos estudantes são controladas pelo SF_CV. A mudança de grupo representa progressões ou regressões significativas. Desta forma, a ACVA tem um segundo nível de adaptação, considerando as mudanças *inter-grupo*.

A Aula Virtual Adaptada (ou Personalizada) proposta é um ambiente de ensino a distância diferenciado dos ambientes e ferramentas existentes, já que o ambiente proposto tem com objetivo captar, registrar e analisar o comportamento dos alunos (durante a execução de uma sessão de ensino) para poder estabelecer uma estratégia de ensino mais adequada ao ritmo do aprendizado dos alunos. A maioria dos sistemas de aula virtual existentes não levam em conta tal característica.

3. O TUTA (Um Tutor Baseado em Agentes)

Cada uma das camadas na ACVA pode ser considerada um sub-sistema particular, representada por um conjunto de elementos (Hernández-Domínguez, 1995[a2]). O acoplamento das camadas *SF_Grupo* e *SF_Básicos* permitem que se tenha um sistema tutor dedicado a aprendizagem de um domínio em particular, associado a um determinado nível de conhecimento. Os elementos que devem fazer parte destas camadas são os seguintes (Hernández-Domínguez, 1995) (Figura 3): o *servidor de*

[a2] Comentário:

entidades didáticas^{2[2]} associado a um domínio; o *comportamento dos alunos* durante a sessão (através dos seus *perfis individuais* e de *grupo*); o funcionamento do tutor do ponto de vista didático, o qual depende da recuperação e execução de *estratégias didáticas* e a interação amigável dos estudantes com o sistema tutor, que é controlada pela interface.

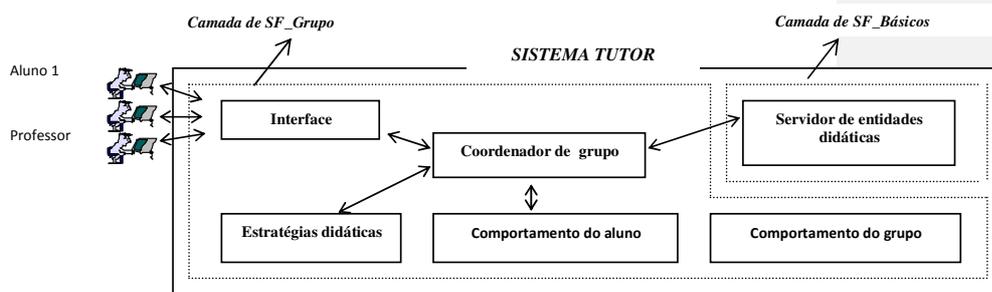


Figura 3: Elementos do tutor no contexto da ACVA

3.1 3.1 Definição dos Requisitos Funcionais do TUTA

O TUTA busca ajudar o professor nas tarefas de ensino no contexto do ensino a distância, através de uma série de sessões de ensino-aprendizagem (o estudo de caso considerado foi o domínio da orientação a objetos) para um grupo de alunos.

3.1.1 3.1.1 Funções do TUTA

As funções do tutor consideradas para a realização de uma sessão no sistema são representadas no quadro 1 (Silva, 2000).

Ref.	Função	Categoria
R1	Recuperar data e hora de ocorrência de sessão.	Oculto
R2	Permitir <i>login</i> no sistema para alunos cadastrados (na data de sessão) antes da hora prevista para o início de sessão.	Visível
R3	Permitir <i>logout</i> no sistema em qualquer momento da sessão.	Visível
R4	Validar dados de entrada do aluno (<i>login, senha</i>).	Visível
R5	Fornecer uma interface amigável que permita que alunos e professores interajam entre si.	Visível
R6	Recuperar a(s) estratégia(s) didática(s) necessárias para o acontecimento de uma sessão.	Oculto
R7	Executar todos os passos de uma estratégia (anteriormente especificadas pelo professor).	Oculto
R8	Recuperar os objetos didáticos necessários para a execução de uma estratégia.	Oculto
R9	Enviar informações para os alunos, conforme execução da estratégia didática.	Oculto
R10	Recuperar informações dos alunos.	Oculto
R11	Permitir que em qualquer momento o aluno possa interromper a sessão e expor suas dúvidas para o professor e demais alunos.	Visível
R12	Avaliar respostas dos alunos.	Oculto
R13	Atualizar o perfil do aluno (através das notas).	Oculto
R14	Atualizar o perfil do grupo (através das notas de todos os alunos).	Oculto
R15	Classificar os alunos através de zonas de comportamento (através das suas notas)	Oculto
R16	Realizar a mobilidade lógica dos alunos através das zonas de comportamento (através das notas).	Oculto
R17	Permitir interações assíncronas entre os alunos de um grupo e o professor.	Visível
R18	Permitir interações (através de debates síncronos) entre os alunos de um grupo e o professor.	Visível

Quadro 1: Funções de Execução de Sessão do TUTA

3.2.3.2 Casos de Uso do TUTA

Os Diagramas de casos de uso (Jacobson, 1992) (Jacobson, 1999) do TUTA estão ilustrados na figura 4, a fim de permitir um melhor entendimento dos requisitos do TUTA.

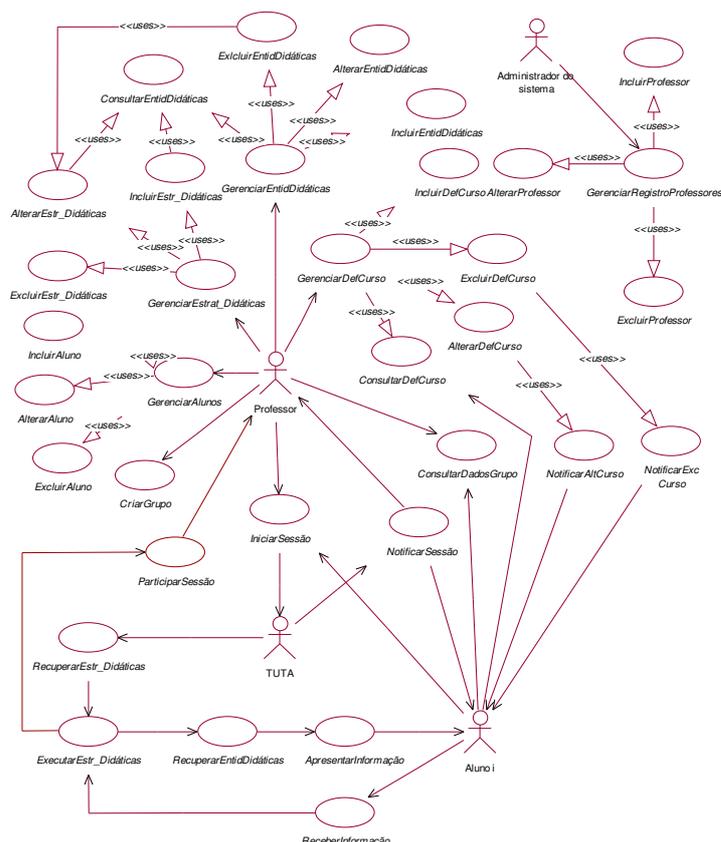


Figura 4: Diagrama de Casos de Uso do TUTA

3.3.3.3 Modelagem do TUTA

O processo de desenvolvimento utilizado no TUTA, proposto por (Larman, 1998) utiliza UML^{3[3]} (*Unified Modeling Language*) (Booch, 1999), enfatiza que o desenvolvimento deve ocorrer através de ciclos de desenvolvimento iterativos, orientado por casos de uso, ou seja, em cada ciclo, o desenvolvedor deve escolher quais casos de uso serão realizados. Os ciclos propostos por (Larman, 1998), devem ser compostos das seguintes fases: análise, projeto e implementação, onde tais fases são compostas por um conjunto de atividades. Entretanto, com a utilização da tecnologia de agentes, constatou-se a necessidade de modelos e processos de desenvolvimento apropriados para o seu desenvolvimento. Assim, o processo de desenvolvimento seguido neste trabalho originou dois tipos de modelagem: Modelagem Orientada a Agentes (MOA) e Modelagem Orientada a Objetos (MOO). A MOO tem então como entrada os modelos resultantes da MOA (Silva & Hernández-Domínguez, 1999).

3.3.1 3.3.1 Modelagem do TUTA orientada a Agentes

A modelagem do TUTA baseada na metodologia proposta por (Wooldridge *et al.*, 1999), consiste em considerá-lo como uma “*sociedade*” ou “*organização artificial*”, composta por um conjunto de papéis, tal qual uma organização humana. Assim, partiu-se da análise das funções do sistema, bem como do seu funcionamento geral para realizar o mapeamento entre os elementos e os papéis, uma vez que a transição da descrição comportamental das operações (funcionamento do sistema) para uma visão organizacional acontece diretamente.

Assim, nesta modelagem, os elementos do TUTA (Interface, Servidor de Entidades Didáticas, Estratégias Didáticas, Comportamento do Aluno, Comportamento do Grupo e Coordenador de Grupo) são comparados a departamentos, responsáveis pela execução das atividades de treinamento do TUTA. A identificação dos papéis aos elementos do sistema é ilustrado na figura 5.

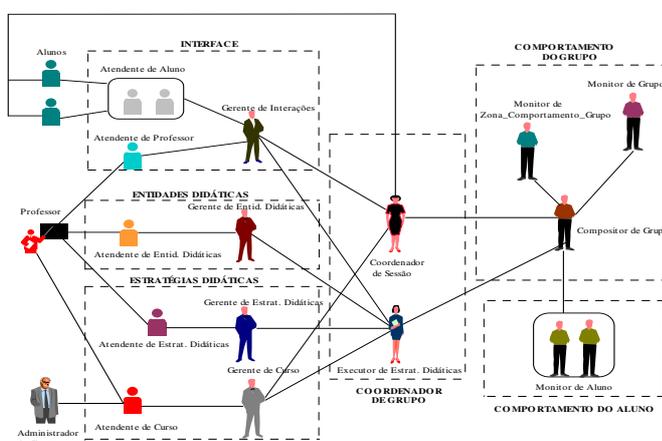


Figura 5: Identificação dos Elementos x Papéis do TUTA

3.3.2 3.3.2 Arquitetura do TUTA baseada em Agentes

Após a identificação dos agentes associados aos papéis e a comunicação entre eles (Silva & Hernández-Domínguez, 1999), propõe-se então a arquitetura detalhada (baseada nos modelos de papéis, interações, agentes e comunicação da metodologia do Wooldridge) do tutor (Silva, 2000) na figura 6. Os elementos do tutor são representados por um conjunto de agentes e a comunicação entre eles é representada pelas setas.

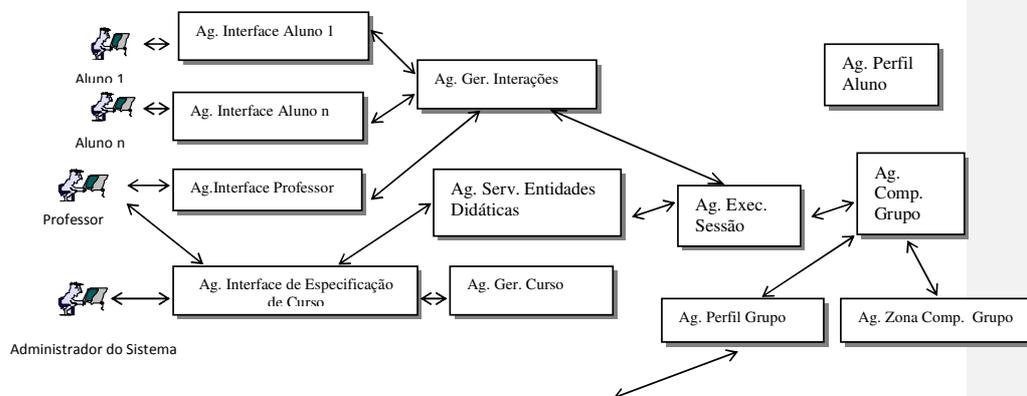
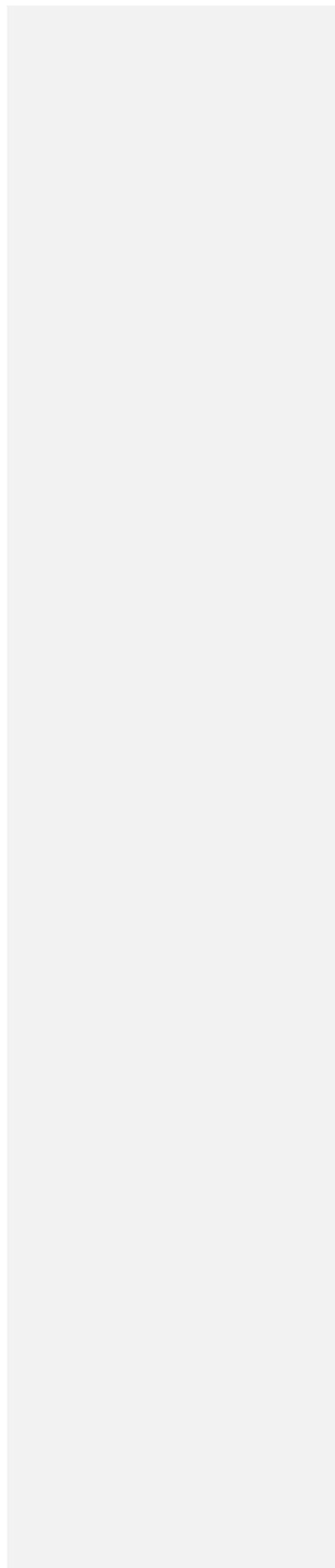


Figura 6: Arquitetura baseada em agentes



3.4.3.4 Modelagem do TUTA orientada a objetos

Após a fase de modelagem orientada a agentes, passou-se então para a fase de modelagem orientada a objetos.

3.4.1. 3.4.1. Arquitetura do Sistema

A arquitetura do TUTA em camadas é ilustrada na figura 7, conforme (Larman, 1998). Um diagrama de classes foi especificado para as seguintes camadas: Serviços (agente de comunicação), Domínio (SF_Básicos), e SF_Grupo (Agentes do TUTA) (Silva, 2000). Um diagrama de colaboração foi especificado para os seguintes agentes: Agente Gerenciador de Curso, Agente Executor de Sessão e Agente Servidor de Entidades Didáticas (Silva, 2000).

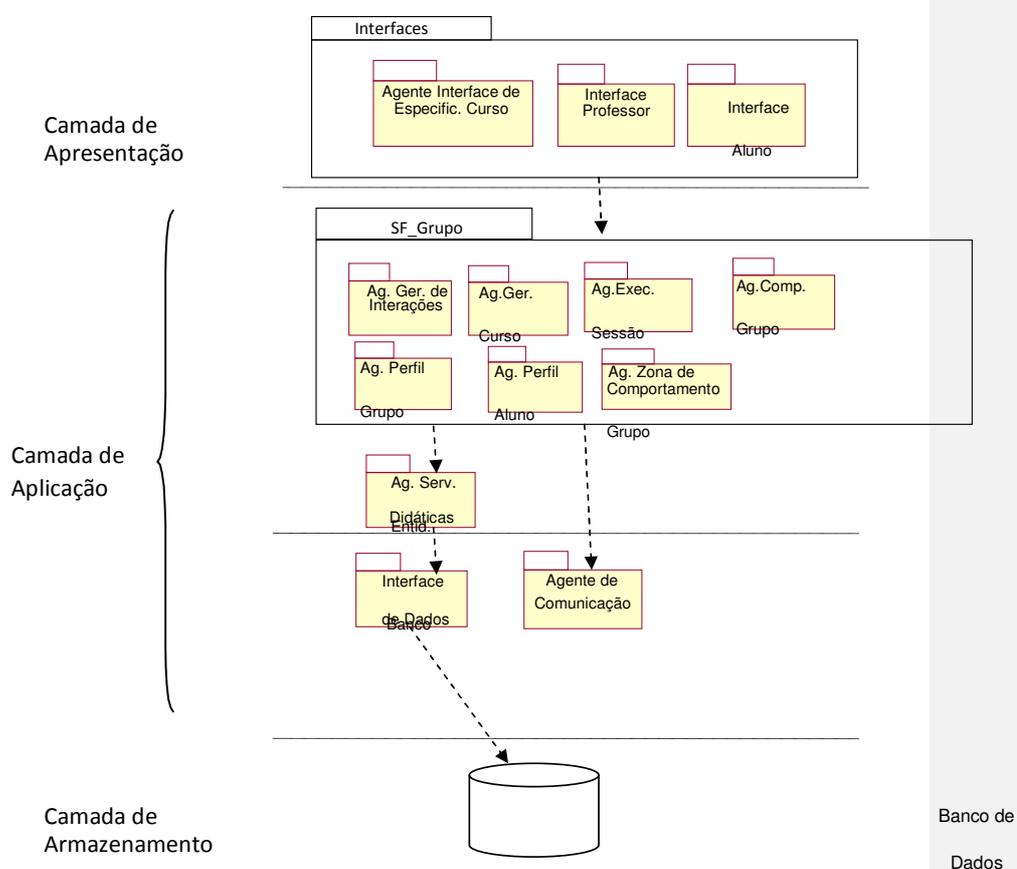


Figura 7: Arquitetura do sistema TUTA

O agente perfil do aluno representa um conjunto de informações pessoais (nome, e-mail, idade, sexo, formação) e características associadas ao desempenho do aluno durante uma sessão de ensino. Cada característica é representada por um score, as características levadas em conta são: número de respostas corretas, número de respostas erradas, número de respostas não respondidas e número de exercícios executados. O perfil do grupo (Hernández-Domínguez, 1997 [AdS3]) é representado pelo nível de conhecimento associado, número de alunos, a média dos scores de: respostas corretas, respostas erradas, e respostas não respondidas.

[AdS3] Comentário:

4. 4. Implementação do Tutor Baseado em Agentes

A implementação dos agentes do TUTA foi feita utilizando-se a definição de eventos (Silva, 2000). Assim, baseado em (Azevedo, 1999), definiu-se que cada um dos agentes possui três eventos (*AoInicializar*, *AoReceberMensagem* e *AoFinalizar*) e ao ocorrer um deles, o agente realiza alguma(s) tarefa(s).

Exemplo: Agente Executor de Sessão

AoInicializar:

Conectar com o Agente de Comunicação;
Enviar mensagem de apresentação;
Aguarda mensagem = "Inicio de Sessão" + parâmetros (hora da sessão, ...);

AoReceberMensagem:

Se a mensagem = "Início de Sessão"
então enviar mensagem = "Iniciar as Interfaces" ao Agente de Comunicação;
executar estratégia(s) didática(s)

Senão

Aguardar próxima mensagem

fim-se

AoFinalizar:

Desconectar-se do ao Agente de Comunicação.

Uma estratégia didática é definida através de táticas. Uma estratégia didática será executada pelo *Agente Executor de Sessão*. Os tipos de táticas^{4[4]} permitidas pelo TUTA são os seguintes:

- - táticas de reutilização: Este tipo de ação indica que será apresentada alguma entidade básica de ensino para o grupo. Exemplos: *Mostrar exemplo(1) de classes para o grupo 1*, *Mostrar definição(1) de classe para o grupo 2*, etc.
- - táticas de debates síncronos: Este tipo de ação é tipo de “chat” ou “bate-papo”, onde os alunos do grupo podem interagir com o professor ou com outros alunos. Exemplo: *debates síncrono (professor, grupo2)*.
- - táticas de desvios condicionais: Este tipo de ação consiste em uma condição que será verificada pelo sistema.

Mostrar exemplo (1) de classe para o grupo 1
Mostrar questionário (1) de classe para o grupo 1
Se média questionário (1) grupo < 5 então
Mostrar exemplo (2) para o grupo 1
Mostrar questionário (2) para o grupo 1
Fim-se

- - táticas de mudanças de estratégia: Esse tipo de ação consiste em uma mudança de estratégia (baseado no enfoque *multi-estratégias*), considerando o comportamento do grupo de alunos.

Mostrar exemplo (1) de classe para o grupo 1
Mostrar questionário (1) de classe para o grupo 1
Se média questionário (1) grupo 1 < 7 então
Mudar para Estratégia Alternativa
Fim-se

Definição da Estratégia Alternativa:

Debate síncrono (Professor, Alunos do Grupo 1)

- - táticas de *estabelecimento de tempos*: Após a execução de cada tática, é permitido ao professor estabelecer um tempo para que seja realizada alguma atividade. Exemplo:

Mostrar exemplo (1) de classe para o grupo 1
Mostrar questionário (1) de classe para o grupo 1
Tempo = 5 minutos;

4.1 4.1 Exemplo de uma sessão no TUTA

Partindo do padrão pedagógico^{5[5]} *Laboratório-Discussão-Conferência-Laboratório*^{6[6]} foi definida a *Estratégia-1* que implementa tal padrão pedagógico.

O primeiro passo da execução (pelos agentes do TUTA e particularmente pelo *Agente Executor de Sessão*) do padrão pedagógico está relacionado às atividades de *laboratório*. O *laboratório* (figura 8) é definido a partir de táticas de reutilização (definições, exemplos, exercícios e avaliações), a *discussão* (figura 9) é definida como um debate síncrono entre o professor e os alunos, a *conferência* do instrutor é implementada também a partir de táticas de reutilização (definições, exemplos, estudo de caso) e o *laboratório final* corresponde a exercícios mais complexos que são implementados via táticas de reutilização com conteúdo (associado a um nível) mais aprofundado (definições, exemplos, exercícios e avaliações).

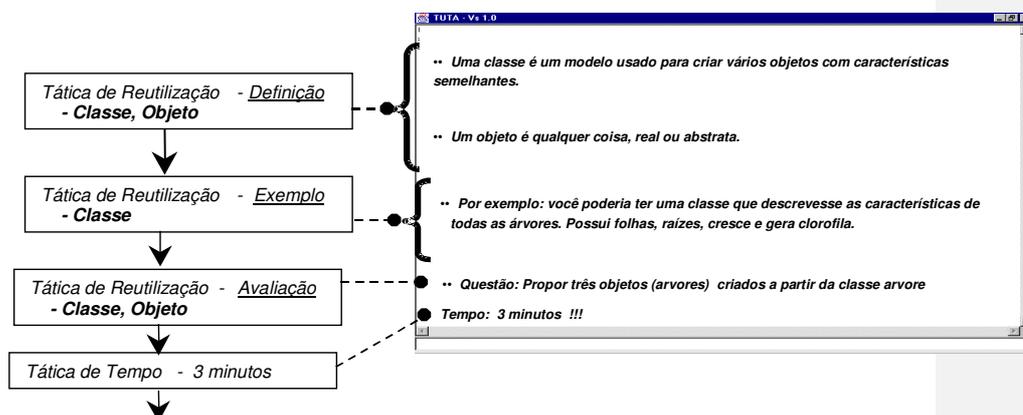


Figura 8: Execução das atividades de *laboratório*

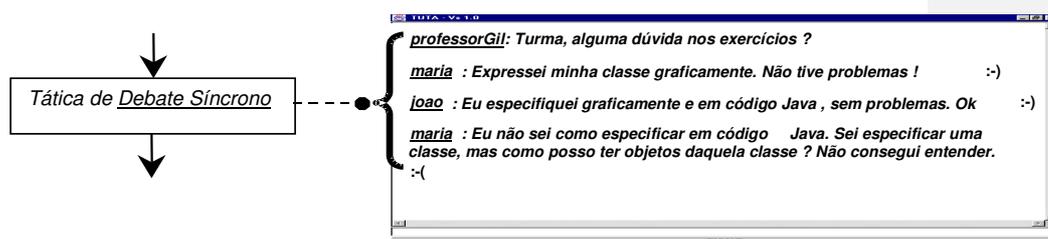


Figura 9: Execução da atividade *Discussão*

5. 5. Considerações Finais

O TUTA representa uma importante ferramenta de auxílio ao professor, permitindo a especificação e a execução de um curso (conjunto de sessões) *on-line*, assim como o acompanhamento dos alunos conectados ao sistema (via Internet).

Outro aspecto importante, é que o TUTA permite que um professor especifique diferentes estratégias didáticas, a execução do tutor é multi-estratégias sendo que para isso não é necessário alterar o código dos programas implementados no TUTA.

No contexto da ACVA, o TUTA é representado modularmente por um controlador de grupo (Camada SF_Grupo), interagindo com um servidor de entidades básicas (Camada SF_Básicos) necessárias à execução de uma sessão.

A modelagem orientada a agentes acoplada a modelagem orientada a objetos permitiu e facilitou desenvolver um sistema baseado em agentes reativos tendo as seguintes características: reutilização, modularidade e concorrência. A programação do protótipo foi feita em Java.

Trabalhos futuros são necessários levando em conta agentes móveis que vão permitir a execução de tarefas de ensino (de tipo assistência personalizada) de forma assíncrona.

Referências Bibliográficas

- AZEVEDO (1999). *MutAntIS: Uma arquitetura multi-agente para a autoria de tutores inteligentes*. Dissertação de mestrado em informática. CT/UFES. Vitória-ES, 1999.
- BOOCH G., RUMBAUGH J., JACOBSON I. (1999) *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison-Wesley, 1999.
- HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, A. (1995) *Systemes "Tuteur intelligent" et "Collecticiel (Groupware)": L'A.R.E.S.F.E.D. Architecture pour la reutilisation et l'exploitation des services de formation dans le contexte de l'Education à Distância*. [AdS4] Tese (Doutorado) [AdS5] - Doctorat de l'Université Paul Sabatier-Toulouse, Toulouse, França. 1995.
- HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, A. (1997) *Specification of an adaptable virtual class*. In: Proceedings of ED-MEDIA/ED-TELECOM 97: WORLD CONFERENCE ON EDUCATIONAL MULTIMEDIA AND HYPERMEDIA AND ON EDUCATIONAL TELECOMMUNICATIONS, 1997, Calgary-Alberta, Canada [AdS6].
- JACOBSON, I., CHRISTERSON, M., JONSSON, P., OVERGAARD, G. (1992) *Object-Oriented Software Engineering. A Use Case Driven Approach*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1992.
- JACOBSON, I., BOOCH G., RUMBAUGH I. (1999) *The Unified Software Development Process*. Addison-Wesley, 1999.
- LARMAN, C. (1998) *Applying UML and Patterns : An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design*. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 507p.
- SILVA, A., HERNÁNDEZ-DOMÍNGUEZ, A. (1999) Uma modelagem baseada em agentes de um Tutor no contexto de uma Classe Virtual Adaptativa. In SBIE '99 (Workshop de Ambientes de Aprendizagem baseados em agentes), Curitiba: UFPR, 1999.
- SILVA, A. (2000) TUTA, Um Tutor Baseado em Agentes no Contexto do Ensino a Distância. Dissertação de Mestrado em Informática - DSC/UFPB, Campina Grande-PB, 2000.
- WENGER, E. (1987) *Artificial Intelligence and Tutoring Systems : Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. California, USA: Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1987.
- WOOLDRIDGE, M., JENNINGS, N. R. (1995) *Intelligent Agents : Theory and Practice*. *The Knowledge Engineering Review*, v.10, n.2 , 1995.
- WOOLDRIDGE [RLdS7], M., JENNINGS N. R., KINNY, D. (1999) A Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. In: THIRD ANNUAL CONFERENCE ON AUTONOMOUS AGENTS, 1999, Seattle - USA. *Proceedings* [S.1.], 1999.

[AdS4] Comentário:

[AdS5] Comentário:

[AdS6] Comentário:

[RLdS7] Comentário: