

**MÔNICA HOELDTKE PIETRUCHINSKI**

**LINGUAGEM E FERRAMENTA DE AUTORIA PARA A META-MODELAGEM  
DE APRENDIZES DE CONCEITOS VISUAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
à obtenção do grau de Mestre, pelo Curso de  
Pós-Graduação em Informática, Setor de  
Ciências Exatas, Universidade Federal do  
Paraná.

Orientador: Prof. Alexandre Ibrahim Direne

**CURITIBA  
2001**



Ministério da Educação  
Universidade Federal do Paraná  
Mestrado em Informática

## PARECER

Nós, abaixo assinados, membros da Banca Examinadora da defesa de Dissertação de Mestrado em Informática da aluna *Mônica Hoeldtke Pietruchinski*, avaliamos o trabalho intitulado “*Linguagem e Ferramenta de Autoria para a Meta-modelagem de Aprendizes de Conceitos Visuais*”, cuja defesa foi realizada no dia 11 de julho de 2001, às quatorze horas, no anfiteatro B do Setor de Ciências Exatas da Universidade Federal do Paraná. Após a avaliação, decidimos pela aprovação da candidata.

Curitiba, 11 de julho de 2001.

  
Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne  
DINF/UFPR Orientador

  
Prof. Dr. Milton Pires Ramos  
DEIN/TECPAR

  
Prof.<sup>ª</sup> Dra. Aurora Trinidad Ramirez Pozo  
DINF/UFPR

Dedico este trabalho à minha família pelo amor, carinho e apoio que sempre me deram e ao meu amigo e orientador Alexandre por ter em mim depositado confiança.

## **Agradecimentos**

A Deus, que sempre foi meu refúgio e proteção.

Aos meus colegas de trabalho do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná - Unidade de Ponta Grossa que me apoiaram e com isso possibilitaram a execução deste curso e principalmente a execução deste trabalho.

Ao meu orientador Alexandre, que além de em mim depositar confiança, partilhou comigo a sua extraordinária experiência como mestre e pesquisador.

Aos meus colegas de mestrado : Simone, Geraldo, Clodis, Ezequiel, Roberta e Robinson, que sempre me apoiaram e não me deixaram desanimar em nenhum momento e a todos os demais que muito contribuíram nesta caminhada.

Aos meus amigos.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. O PROBLEMA CENTRAL.....	2
1.2. O AMBIENTE RUI.....	4
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	6
<b>2. TRABALHOS CORRELACIONADOS.....</b>	<b>7</b>
2.1. MODELAGEM DE APRENDIZES.....	7
2.2. ENSINO DE CONCEITOS VISUAIS.....	10
2.3. LINGUAGEM E FERRAMENTAS DE AUTORIA PARA SHELLS STI .....	12
<b>3. FORMALIZAÇÃO DOS CONCEITOS CENTRAIS.....</b>	<b>15</b>
3.1. A CURVA U DE DESEMPENHO.....	15
3.2. INTEGRAÇÃO DE 4 ESTUDOS DE CASO.....	17
3.2.1. <i>Espaço de atributos de aprendizes</i> .....	18
3.2.2. <i>Estereótipos de aprendizes</i> .....	19
3.2.3. <i>Distribuição de Estereótipos na Curva U</i> .....	20
3.2.4. <i>Valores das capacidades isoladas de perícia</i> .....	21
3.3. ASPECTOS DE UMA LINGUAGEM DE AUTORIA.....	22
3.3.1. <i>Um paradigma apropriado</i> .....	22

3.3.2. Espaço de atributos.....	24
3.3.2.1. Capacidades Isoladas da Perícia (CIPs).....	24
3.3.2.2. Relações Lógicas em CIPs .....	26
3.3.3. Regras de Transformação.....	27
3.3.3.1. Regras de Ajuste.....	28
3.3.3.2. Regras de Enquadramento .....	29
<b>4. A FERRAMENTA FEMEA .....</b>	<b>31</b>
4.1. ARQUITETURA DA FERRAMENTA .....	32
4.2. DESCRIÇÃO DOS MÓDULOS.....	33
4.2.1. Interface .....	33
4.2.2. Gerente de Classe .....	35
4.2.3. Manipulador de atributos.....	36
4.2.4. Manipulador de Relações Lógicas .....	37
4.2.5. Manipulador de Regras de Ajuste .....	38
4.2.6. Manipulador de Regras de Enquadramento.....	38
4.2.7. Arquivador e Recuperador de classes. ....	39
<b>5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>41</b>
5.1. A CONTRIBUIÇÃO CENTRAL.....	41
5.2. TRABALHOS FUTUROS.....	42
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>44</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Arquitetura geral do Ambiente RUI .....	5
Figura 2 - Visão de um espaço de características do Sistema RUI .....	19
Figura 3 - A distribuição dos estereótipos na curva U (Fonte: Cury [1996]).....	20

Figura 4 - Aquisição das características de um radiologista projetada sobre a curva U (Fonte : Pimentel [1997]) .....	21
Figura 5 - Arcabouço principal do objeto.....	24
Figura 6 - Exemplo de Relação Lógica (restrição). .....	27
Figura 7 - Arquitetura funcional da ferramenta.....	32
Figura 8 - Tela inicial da ferramenta.....	34
Figura 9 - Telas com apresentação do último quadro da interface .....	35
Figura 10 - Tela para entrada de dados de atributos do estereótipo.....	36
Figura 11 - Cadastro de Relações Lógicas de um estereótipo.....	37
Figura 12 - Cadastro de Regras de Transformação.....	38

### **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Exemplo de definição de Estereótipo .....	25
Tabela 2 - Cadastro de Estereótipos.....	39
Tabela 3 - Cadastro de Relações Lógicas .....	39
Tabela 4 - Tabelas de Regras de Ajuste e de Regras de Enquadramento .....	40

## RESUMO

Este trabalho apresenta os formalismos de uma linguagem de autoria para a meta-modelagem de estereótipos de aprendizes que utilizam um sistema tutor inteligente destinado ao ensino de conceitos visuais. Foi feita uma revisão crítica da literatura sobre a modelagem de aprendizes e usuários em geral, seguida da consideração de aspectos do ensino de conceitos visuais, chegando até os ambientes de autoria. O conjunto de soluções adotadas neste trabalho se caracterizou pela integração de conceitos cognitivos e pela implementação de uma ferramenta de software para apoiar o processo de autoria dos meta-modelos de aprendizes. A ferramenta de software, chamada FEMEA, oferece uma linguagem de autoria, a qual permite a definição de estereótipos de aprendizes baseados na idéia de capacidades isoladas de perícia, a serem desenvolvidas pelo aprendiz ao longo de seu treinamento. O trabalho também inclui metas futuras de pesquisa.

## **ABSTRACT**

This work presents the formalisms of an authoring language aimed at meta-modeling tasks for a learner's stereotype whose specific model is maintained by an intelligent Tutoring System that teaches visual concepts. A critical literature review is provided, including approaches to student modeling as well as to general-purpose users, followed the main aspects of visual concept tutoring, and closing with considerations on existing authoring environments and languages. The solutions adopted in this work are guided by the integration of cognitive concepts and by the implementation of a software tool that aids the authoring process of the learner meta-model. The tool, named FEMEA, offers a friendly authoring language, which allows the definition of learners' stereotypes, based on the idea of recluded capacities of expertise, to be developed during the training process. The work also provides future research directions.

## 1.INTRODUÇÃO

Sistemas Tutores Inteligentes (STI) são sistemas de computador projetados para incorporar técnicas de Inteligência Artificial (IA) a fim de prover tutores que saibam o que ensinam, a quem e como ensinam. São sistemas educacionais resultantes das mais recentes pesquisas realizadas pela Ciência Cognitivista. A área do conhecimento é resultante da interseção de três ciências: Computação, Psicologia Cognitivista e Pedagogia [Nwana, 1990].

A arquitetura mais comum de um STI é baseada na noção de 3 (três) modelos: (1) o do conhecimento a ser comunicado (domínio), (2) o da tutoria (pedagógico) e (3) o do aprendiz (estudante). É através do modelo do aprendiz que o STI é capaz de avaliar e registrar o grau de competência do estudante em um tópico e permitir que o modelo pedagógico determine o próximo tópico a ser ensinado. Além disso, o modelo do estudante também permite que o modelo pedagógico escolha o momento mais satisfatório para interagir, gere exercícios adaptados e explicações consistentes, ou selecione a melhor estratégia pedagógica. Porém, tal modelo do aprendiz é complexo para ser construído e, mais ainda, para ser mantido. O desafio importante permanece em como dimensionar o conhecimento de um estudante, buscando transformá-lo de aprendiz em perito.

Este trabalho tem por alvo a criação de uma linguagem de autoria e a construção de ferramenta de autoria para a meta-modelagem de aprendizes em domínios de conceitos visuais, em especial para a Radiologia Médica. A partir de um meta-modelo do aprendiz, será possível a construção futura de uma ferramenta de ensino que seja capaz de conduzir uma modelagem dinâmica, específica do aprendiz, em um domínio particular de conhecimento

de conceitos visuais. A ferramenta de autoria será responsável por complementar o potencial de expressividade do ambiente RUI (Representations for Understanding Images) [Direne, 1993] para que este permita a definição de classes de aprendizes de acordo com a metodologia proposta por Cury et al [1998].

Este capítulo é dividido em três seções nas quais se faz uma introdução a este trabalho. Na Seção 1.1 apresenta-se o problema geral do treinamento em Radiologia Médica, suas dificuldades e características próprias. Na Seção 1.2 faz-se uma descrição sucinta do ambiente RUI e onde a ferramenta objeto deste trabalho se encaixa. Finalmente, a Seção 1.3 apresenta a estrutura desta dissertação.

### ***1.1. O problema central***

Em geral, um médico residente-novato em Radiologia Médica possui conhecimento sobre princípios de Anatomia Humana e de teorias gerais de doenças, mas ainda não possui algumas habilidades específicas da área de Radiologia, as quais constituem a perícia que deverá desenvolver ao longo de um período de três ou quatro anos. Durante este período, o aprendiz irá passar por fases como aquisição de princípios e aquisição de perícia em Radiologia, nas quais deve receber do tutor informações e problemas distintos. O residente em Radiologia Médica, deverá adquirir capacidades e habilidades específicas como: vocabulário técnico, expectativa visual prévia, percepção imediata de proporções entre características visuais, além de outras. Isto requer uma distinção entre os diferentes níveis de aprendizes, sendo necessário a um tutor

(humano ou eletrônico) adaptar-se às técnicas pedagógicas apresentadas conforme o seu nível de competência e suas respostas ao treinamento.

O diagnóstico radiológico é particularmente difícil porque depende da combinação de um vasto e variado conhecimento prático (baseado em casos reais) com a habilidade perceptiva requerida para o reconhecimento de padrões visuais complexos, típicos de um filme de raio-x [Sweet,1992]. Um perito em radiologia é capaz de identificar anomalias em apenas alguns segundos de observação de um filme de raio-x [Lesgold et al., 1989]. Entretanto, um professor perito encontra uma grande dificuldade em externar formalmente sua perícia na produção de um diagnóstico. Esse problema se torna ainda mais agudo quando se considera que tal perito deve externar seu conhecimento de forma ajustada a um grupo de aprendizes, ou a um aprendiz em particular. Para dificultar ainda mais, o perito em radiologia não possui um procedimento bem estruturado para relacionar aprendizes individuais com todo o conjunto de suas capacidades diagnósticas do momento [Cury,1996].

Sob o ângulo computacional, a maioria dos Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) são sistemas fechados, específicos para um domínio, prontos para o uso, sem possibilidade de serem modificados pelo especialista do domínio da aplicação, quando necessário. Um sistema de autoria permite que se produzam cursos de acordo com a necessidade do autor e do aluno. Neste trabalho procura-se proporcionar ao especialista no domínio, um ambiente de definição de características dos aprendizes, visando classificá-los por seus níveis de aprendizagem e capacidades, assim como por seus desempenhos no uso de tais capacidades voltadas para a solução de problemas.

Isso pode implicar, em geral, em uma visível melhoria da qualidade dos cursos assim gerados, bem como uma possível redução dos tempos e custos de produção de STI [Murray, 1999]. Além disso, os sistemas de autoria, na medida em que facilitam o uso do computador por leigos, colaboram muito na tarefa de popularizar o computador como ferramenta de trabalho.

### **1.2. O ambiente RUI**

O ambiente RUI é um sistema computacional para projeto de STI destinado ao ensino de conceitos visuais. É um ambiente onde o especialista em ensino de Radiologia Médica, auxiliado por um especialista em representação do conhecimento, pode projetar um STI e modificá-lo com facilidade sem necessidade de conhecimento específico de informática [Direne, 1993]. O sistema RUI tem sido utilizado como ferramenta para experimentação de novos conceitos na área de STI para ensino de conceitos visuais [Pimentel, 1997; Cury, 1996].

RUI é basicamente dividido em duas partes : módulo de autoria e módulo de ensino. O módulo de autoria é o responsável pela parte do projeto do STI. É nele que o(s) autor(es) coloca(m) o seu conhecimento sobre o domínio e projeta(m) o STI. O módulo de ensino é a parte responsável pelo ensino através do STI projetado pelo especialista do domínio. Por possuir tanto o módulo de autoria como o de ensino, o ambiente RUI é considerado como uma *shell* de ensino onde, ao se substituir toda a base de conhecimento de um STI pela de outro, a interface continua aparentemente a mesma, mas o conteúdo do conhecimento sofre alteração de interpretação [Pimentel, 1997].

A modelagem da aprendizagem, se dá em dois níveis diferentes dentro do ambiente RUI, conforme Figura 1 abaixo. Até o início da presente pesquisa, o nível conceitual de autoria, não era composto de uma linguagem e uma ferramenta para a meta-modelagem do aprendiz que permitisse ao autor construir os elementos do espaço psicológico de aprendizes substancialmente semelhantes.

O nível de produção corresponde à modelagem estática inicial de um aprendiz específico e ocorre antes da primeira sessão tutorial. Não fez parte do escopo deste trabalho a construção de uma ferramenta de aprendizagem (Figura 1) que fosse capaz de interagir com o aprendiz (como usuário final), de acordo com a metodologia aqui proposta. Sendo assim, a linguagem e a ferramenta proposta são destinadas apenas a autores de material de curso para conceitos visuais, no nível conceitual do ambiente RUI.

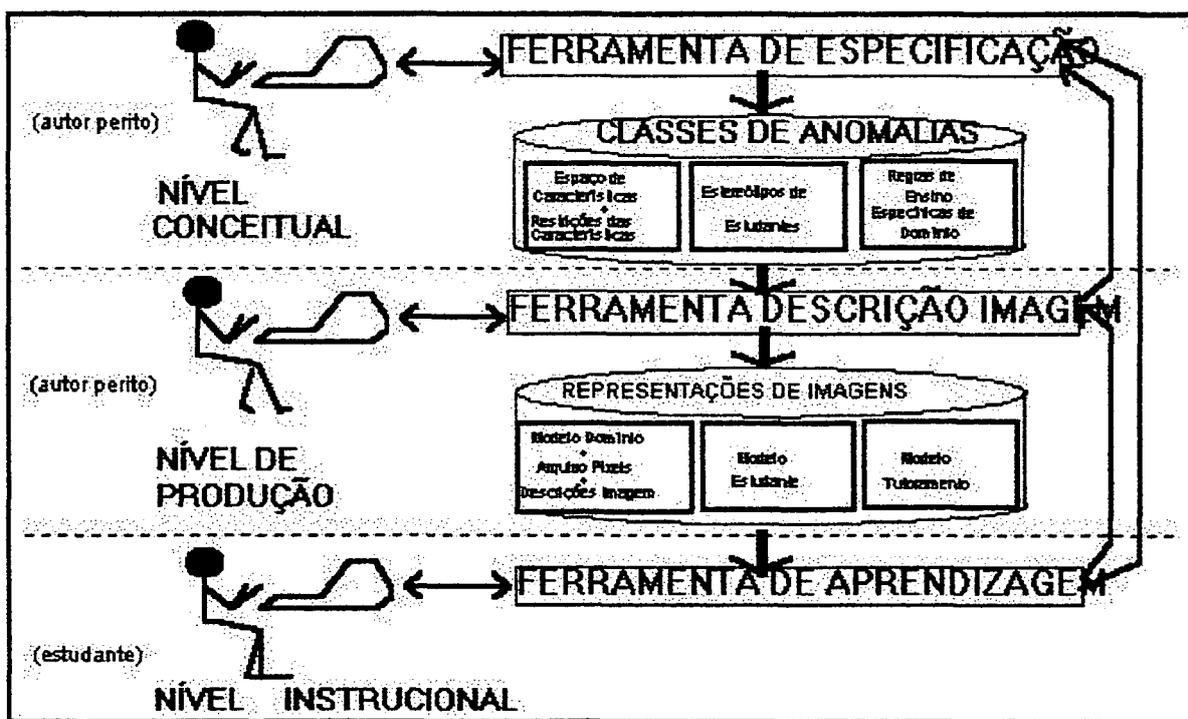


Figura 1 - Arquitetura geral do Ambiente RUI

### **1.3. Estrutura da Dissertação**

Este trabalho é dividido em cinco capítulos, incluindo o presente. No Capítulo 2, apresenta-se uma reflexão crítica sobre os trabalhos relacionados às áreas de Ensino de Conceitos Visuais, Modelagem de Aprendizizes e Linguagens e Ferramentas de Autoria comparados com as necessidades levantadas por esta pesquisa.

No Capítulo 3 apresentam-se os formalismos sobre a modelagem de aprendizizes em conceitos visuais baseada em estereótipos que servirão como suporte conceitual para a linguagem e a ferramenta de autoria desenvolvidas.

No Capítulo 4 descreve-se uma ferramenta para a utilização dos conceitos formalizados no Capítulo 3, chamada FEMEA, apresentando seus módulos e respectivas interfaces.

O Capítulo 5 é a conclusão do trabalho, onde apresentam-se as contribuições deste trabalho e linhas de trabalhos futuros.

## **2. TRABALHOS CORRELACIONADOS**

Como os objetivos deste trabalho são as representações e fundamentações de uma linguagem de autoria para a modelagem de aprendizes no ensino de conceitos visuais, neste capítulo serão apresentados os trabalhos já realizados nas áreas de Modelagem de aprendizes, Ensino de conceitos visuais e Linguagens e Ferramentas de autoria.

Na Seção 2.1 apresentam-se os trabalhos realizados na área de modelagem de aprendizes, tendo como base os trabalhos de Rich [1983] e Cury [1996]. Na Seção 2.2 apresentam-se principalmente estudos de Lesgold e outros [1984 e 1989] sobre o ensino de conceitos visuais. Na Seção 2.3 encontram-se os trabalhos realizados na área de linguagem e ferramentas de autoria.

### ***2.1. Modelagem de Aprendizes***

É importante para este trabalho apresentar a Modelagem de Aprendizes de uma forma diferenciada da Modelagem de Usuários. Uma das formas de se diferenciá-las é através do item tempo de utilização do sistema. De forma genérica, em Modelagem de Aprendizes, o mecanismo de modelagem atua como um observador/acompanhante do rendimento do aprendiz em seu treinamento para tornar-se um perito. Este processo precisa monitorar o desenvolvimento das habilidades do aprendiz por médios ou longos períodos de tempo (meses ou até mesmo anos). Já em Modelagem de usuários convencionais, o uso é voltado para o esclarecimento imediato de um determinado assunto. O tempo neste último caso é curto.

Um Sistema Tutor Inteligente (STI) procura utilizar a Modelagem de Aprendizes, sendo este um componente essencial de qualquer sistema que tenha como objetivo a adaptação ao usuário. Todavia, as suposições iniciais que um sistema assume com relação a um aprendiz rapidamente apresentam incompatibilidade com o real estado mental do aprendiz humano. As razões para esta falta de sincronismo são as mais variadas [Self,1988]. Em uma das formas de defasagem identificadas, Sharples e du Boulay [1989] explicam como o problema da super-generalização pode surgir e demorar para ser detectado pelo sistema em aprendizes humanos.

A maioria das modelagens de aprendizes parte do conhecimento que o estudante tem do domínio. Cury [1996] levantou a questão da limitação dos STIs no que se refere à modelagem de aprendizes visando transformar um aprendiz iniciante em perito a partir da análise das características do conhecimento pericial e das características de aprendizes em diferentes momentos do processo de aprendizagem. Um aprendiz poderia ser classificado segundo algumas capacidades periciais as quais, quando ocorrendo juntas e em determinados níveis, poderiam ser estereotipadas. Ele também detectou a quase inexistência de ferramentas de autoria para a modelagem de aprendizes e pela dificuldade na representação de características particulares de aprendizes.

Pode-se ainda encontrar trabalhos relacionados à modelagem dinâmica de aprendizes em STI relacionado ao que o aprendiz acha que sabe e o que o sistema acredita que o aprendiz sabe, permitindo ao estudante confrontar suas opiniões com as do sistema [Bull & Pain, 1995]. O objetivo deste trabalho é equiparar os dois conhecimentos (do sistema e do aprendiz) a

fim de proporcionar ao STI um maior grau de certeza sobre o que o aprendiz está aprendendo a respeito do domínio.

A modelagem de características e estereótipos de usuários provê informação inicial sobre os usuários finais que são requeridas para a seleção do material e estratégias instrucionais iniciais apropriadas para o treinamento. Um estereótipo é descrito em termos de um conjunto de atributos e o projetista precisa assinalar os valores para os atributos específicos a cada classe de usuário.

A modelagem de usuários baseada em estereótipos e atributos foi apresentada por Rich [1983] através do projeto GRUNDY, sistema de consulta de biblioteca cujo objetivo é auxiliar os usuários na escolha de livros a partir das preferências pessoais. O sistema toma suas decisões baseadas num conjunto de características estereotípicas do usuário. O trabalho demonstra que a categorização dos usuários de determinados sistemas facilita na interação do sistema com o usuário corrente.

No sistema KBET [Trenouth, 1990], a modelagem de usuários também utiliza a idéia de estereótipos, classifica os usuários por grupos distintos, e utiliza uma pedagogia especial para cada tipo. Utiliza também conceitos de orientação a objetos, quando baseia um modelo na noção abstrata de um evento e um conjunto associado de objetos. Tang[1989] propõe ferramentas para a modelagem de classes de usuários em uma visão orientada a objetos, permitindo informações genéricas sobre grandes grupos de usuários que serão herdadas por usuários individuais.

## **2.2. Ensino de Conceitos Visuais**

A aprendizagem de conceitos visuais por computador é uma atividade rara, apesar de na prática escolar estar presente todos os dias, acontecendo nas mais variadas situações. Por exemplo, a interpretação visual se aplica na utilização de mapas, gráficos e diagramas, no treinamento de profissionais de botânica, zoologia, radiologia, astronomia, anatomia, citologia ou geologia.

A aquisição de conhecimento de princípio e perícia em conceitos visuais, por exemplo em Radiologia Médica, se faz através de um conjunto de fatores, tais como a prática clínica, o conhecimento específico e a habilidade nata, dentre outros. Porém de todos os fatores citados, o principal é a prática clínica. Lesgold [1984] apresenta características desenvolvidas por um perito em radiologia médica ao longo de seu treinamento. Segundo Lesgold um aprendiz necessita analisar uma grande quantidade de imagens para se tornar um perito. Estimativas apontam para valores entre dez mil e duzentas mil imagens no caso da perícia radiológica.

A prática clínica acontece através de várias etapas, onde a análise das imagens torna-se a grande "alavanca" que vai permitir a sua evolução. Na etapa inicial, o aprendiz, por ainda não possuir grande conhecimento (tanto visual como prático), consegue analisar os problemas rapidamente embora, na maioria dos casos, a solução seja errada e/ou imprecisa. Na etapa intermediária, o estudante por já possuir uma certa quantidade de conhecimento acumulado, pode levar mais tempo para analisar um problema do que um aprendiz iniciante. Isto se deve ao fato de um intermediário já possuir a noção da existência de situações semelhantes, mas que exigem soluções substancialmente diferentes.

Na etapa avançada, o perito possui o domínio do conhecimento visual necessário para uma análise rápida e precisa, necessitando inspecionar a imagem por poucos segundos [Lesgold, 1984]. Inclusive, aplicações do computador ao ensino de Radiologia contemplam a separação princípio-perícia até no projeto das interfaces do sistema tutor com o aprendiz [Direne, 1997; Sharples et al., 1995; Sharples et al., 1997; Azevedo et al., 1997]. As habilidades desenvolvidas pelo aprendiz em cada etapa compõem características que, quando utilizadas por um STI, podem ajudar a classificar o estudante quanto ao nível de conhecimento já adquirido pelo mesmo.

O ensino de radiologia médica se dá através da apresentação de imagens radiológicas caracterizadas por tipos de anomalias que serão apresentadas ao estudante dentro de uma seqüência adequada, a fim de minimizar o tempo de aprendizado e possibilitar a utilização de diversas estratégias pedagógicas. Pimentel & Direne[1998] apresentaram uma abordagem genérica de medidas cognitivas para a descrição e ordenação da base de imagens radiológicas de um STI enfocando o processo de autoria por meio de ferramentas de software que auxiliam a criação de seqüências adequadas ao ensino.

Sharples et al. [1989, 1991, 1995, 1997] desenvolveram pesquisa na área de Tutores Inteligentes para ensino de Conceitos Visuais em Radiologia Médica, porém muito de seu trabalho está na produção e arquivo de estudos de casos visando ampliar o universo de imagens radiológicas com anomalias vistas pelo aprendiz. Coloca como objetivo a modelagem de estudantes bem definida, mas mantém-se principalmente na modelagem do domínio e pedagógica.

### **2.3. Linguagem e Ferramentas de Autoria para shells STI**

Linguagens de autoria provêm ambientes amigáveis e robustos ao usuário, que especificamente foram projetados para fazer apresentações instrucionais do tipo pergunta-e-resposta relativamente fáceis. O autor tem que aprender códigos e procedimentos simples para escrever programas que apresentarão as "telas" da aula de qualquer texto que desejam, incitarão o estudante, e usarão meios simples para avaliar a resposta do estudante e entregar uma recompensa definida. Professores ainda têm que aprender a programar habilidades, mas a linguagem de autoria lhes proporcionará um conjunto mais fácil de comandos para dominar [Nicholson e Scott, 1986].

Entende-se por Sistema de Autoria a noção de conjunto integrado de ferramentas computacionais para a produção de programas educacionais. Ele difere de um ambiente de desenvolvimento pelo fato de permitir aos educadores serem os autores independentes dos seus cursos, liberando-os do uso dos formalismos típicos da computação [Cury, 1996]. Segundo Murray [1999] "uma Shell STI é um arcabouço genérico para a construção de STIs, enquanto que um Sistema de Autoria para STI (ou ferramenta de autoria) é uma shell STI acompanhada de uma interface para usuário que permite a não programadores formalizarem e visualizarem seus conhecimentos."

Dentre os vários Sistemas de Autoria existentes, podemos destacar alguns pioneiros como DACTN [Woolf, 1991], COCA [Major & Reichgelt, 1991], SCALD [Nicholson & Scott, 1986] e o CDT [O'Shea et al., 1984]. A maioria destes sistemas foi aplicada à autoria e interpretação dos modelos do domínio e pedagógico de um STI, não contemplando a modelagem do aprendiz. Como exemplo mais recente de sistema de autoria para a modelagem de estratégias

pedagógicas, podemos citar o REDEEM [Major, 1997], o qual visa reduzir o tempo do processo de autoria diminuindo a necessidade do especialista modificar o baixo nível instrucional, baseando-se em teorias da Psicologia Educacional.

Para autoria da modelagem de conhecimento no domínio, pode ser citado o Demonstr8 [Blessing, 1997]. Este ambiente visa reduzir a necessidade do autor possuir conhecimento "não específico" de domínio, através do uso de programação por demonstração, tornando o processo de autoria mais simples e rápido.

As ferramentas de autoria encontradas para modelagem de aprendizes [Sleeman, 1987; Sleeman, 1985] utilizam apenas autoria sobre o que o aprendiz sabe através da valoração do conhecimento, partindo de um modelo gerado automaticamente no início do processo e sendo atualizado após a interação com o aprendiz em suas sessões de treinamento. Nos casos de trabalhos onde há linguagem de autoria para meta-modelagem (estática) de aprendizes [Murray, 1998, 1996, 1992], tais sistemas mais uma vez apenas permitem a especificação do que o aprendiz sabe (em termos de subconjunto de conteúdo do domínio) e não o que o aprendiz é (psicologicamente falando). Através das ferramentas FLAMA que são : Descritor de Taxonomia de Estereótipos, Descritor de Estereótipos, Descritor Inteligente de Imagem e Modelador da Aprendizagem, Cury [1996] propõe uma arquitetura para a construção de ferramentas de autoria para a meta-modelagem estática de aprendizes no ensino de conceitos visuais. Todavia, as ferramentas propostas nunca foram implementadas.

Shells e linguagens de autoria para modelos de domínio e modelos pedagógicos se concentraram em adaptar resolvidores gerais de problemas, tais como MYCIN [Shortlife, 1976], Sophie I/II [Brown et. al. , 1975] e COCA [Major & Reichgelt, 1991], para funcionarem como escalonadores de tarefas de ensino para curto e longo prazos. Respectivamente aos sistemas citados acima, as shells que foram a eles adaptadas são Guidon [Clancey, 1987], Sophie III [Brown et al., 1982], REDEEM [Major, 1997]. Todavia, as dimensões genéricas de modelagem de aprendizes não apresentam esforços e resultados equivalentes aos do plano pedagógico. Sendo assim, a construção de parâmetros que permitem a identificação e o enquadramento de elementos fornecidos pelo usuário aprendiz ainda se apresenta em estágio primitivo quando se trata de ferramentas e conceitos genéricos.

Finalmente, conceitos de projeto e programação Orientada a Objetos foram pouco explorados no mundo de modelagem de usuários e aprendizes. A natureza de estereótipos [Rich, 1983], por si só, já é Orientada a Objetos mas suas aplicações foram sempre de curto prazo conforme explicado anteriormente. Poucas tentativas de aplicar arquiteturas Orientadas a Objetos a STI foram feitas [Bonar et al, 1986; Richards et. al., 1988; Direne, 1997], sendo *mais raras* ainda aquelas que também tiveram aplicação para a modelagem de aprendizes. O que se quer salientar nesta revisão é que não foram encontradas, exceto em Cury [1996] e Cury et. Al. [1998], a aplicação de modelagem de aprendizes em shells STI para conceitos visuais.

### **3.FORMALIZAÇÃO DOS CONCEITOS CENTRAIS**

Neste capítulo apresentam-se os conceitos utilizados para o desenvolvimento da ferramenta (FEMEA) que permite ao autor de cursos, utilizando o Sistema RUI, definir Estereótipos de aprendizes.

Para uma abordagem de Modelagem de Aprendizes de longo prazo foram utilizados conceitos fundamentais de teorias da aprendizagem e de desenvolvimento de software centrado no usuário. Tais conceitos são baseados em dois formalismos: (a) a Curva U da aprendizagem apresentada por Selfridge [1959] e (b) a noção de distribuição de estereótipos de aprendizes de acordo com a idéia de Capacidades Isoladas de Perícia (CIP) [Lesgold, 1984; Lesgold et al., 1989; Pimentel & Direne, 1998; Cury et al., 1998].

Na Seção 3.1 apresenta-se uma representação do desenvolvimento do aprendizado que usa a teoria do Pandemonium, expressa por meio da Curva U do aprendizado [Selfridge, 1959]. Na Seção 3.2 são descritos 4 Estudos de Casos que proporcionaram subsídios para as definições apresentadas neste trabalho. Na Seção 3.2.1 encontra-se a definição do espaço de atributos desenvolvido e sua fundamentação no primeiro estudo de caso. Na Seção 3.2.2 apresenta-se a teoria dos estereótipos [Rich, 1983] que será usada na definição das classes de aprendizes. A Seção 3.2.3 descreve como os Estereótipos podem ser distribuídos na Curva U. Finalmente, a Seção 3.3 apresenta os aspectos de uma Linguagem de Autoria.

#### **3.1. A curva U de desempenho**

Segundo Lesgold e sua equipe de pesquisadores, a aquisição de perícia em radiologia médica não acontece totalmente de maneira linear

[Lesgold et al., 1989]. Nos dois primeiros semestres, para residentes novatos, pode-se considerar que o crescimento de sua capacidade de diagnóstico é constante. Logo em seguida, conforme constatado através da observação de diagnósticos realizados por residentes, ocorre uma redução considerável nesse crescimento. Observaram que os residentes novatos freqüentemente chegavam mais próximos do diagnóstico correto que os residentes intermediários. Lesgold e outros explicaram este fato usando a teoria do *Pandemonium* [Selfridge, 1959], a qual afirma que um processo de raciocínio ainda não procedimentalizado compete com outro mais antigo e estabilizado na solução de um dado problema. Isto produz uma confusão nas respostas do aprendiz intermediário, que não mais terá certeza de seu diagnóstico, visto que ele conhece novos itens que também poderiam ser aplicados na solução do problema. Esta redução do crescimento do aprendizado é indicada no gráfico aprendizado/tempo pela redução do desempenho em formato de "U" da curva.

Cury [1996], em trabalho conjunto com a Escola Paulista de Medicina da UFSP, utilizou os conceitos descritos por Lesgold e sua equipe [1989] para descrever as principais características que um perito em radiologia deve ter e sugere como essas características são adquiridas pelo aprendiz, através do tempo de estudo, segundo as teorias do *Pandemonium* e *Curva U*. De forma complementar, o trabalho de Cury também aborda aspectos do desenvolvimento de ferramentas inteligentes de ensino para identificar o estado atual do aprendiz e tentar diminuir os efeitos do *Pandemonium* e, da mesma forma, o tempo de aprendizado. As características mais básicas da perícia são adquiridas no começo, enquanto que as mais complexas, no final. Cury utiliza

essas características para a avaliação do desempenho do aluno durante o curso.

### **3.2. Integração de 4 Estudos de Caso**

Nesta seção faz-se uma descrição sucinta de como 4 (quatro) Estudos de Caso realizados com especialistas no ensino de Radiologia Médica, forneceram parâmetros conceituais para a criação da linguagem de autoria apresentada neste trabalho.

Os estudos de caso aqui relatados, foram desenvolvidos de acordo com uma grande variação de abordagens, mas que de alguma forma são complementares sob o ângulo de modelagem de aprendiz.

Em ordem cronológica os estudos de caso são :

1º - Formalização e coleta de material em 3 (três) domínios diferentes de Radiologia Médica [Direne, 1993].

2º - Observação de comportamentos de aprendizes de Radiologia Médica durante o estágio de residência médica, a partir do qual, algumas capacidades desconhecidas da formação pericial foram identificadas e agrupadas por estereótipos. [Cury, 1996 e Cury et. al., 1998].

3º - Classificação do material coletado nos 3 (três) domínios de Radiologia, por ordem de complexidade do diagnóstico, sob o ângulo de parâmetros cognitivos [Pimentel e Direne, 1998] .

4º - Entrevistas com radiologistas para expandir o conjunto de capacidades da formação pericial juntamente com o detalhamento numérico (quantitativo) da dinâmica de evolução de cada capacidade no tempo [Quaquarini, 2001] .

Os resultados de cada um dos 4 estudos de caso forneceram aspectos fundamentais para a criação dos elementos da linguagem de autoria deste trabalho. Tais aspectos encontram-se detalhados nos itens seguintes.

### 3.2.1. Espaço de atributos de aprendizes

Do 1º estudo de caso foi extraída a noção e estrutura do espaço de características e restrições lógicas sobre características de imagens para a criação do espaço de atributos do aprendiz. Em seu nível conceitual, o estudo, baseia-se na idéia de classes de anormalidades. Uma classe de anormalidade consiste de uma descrição orientada a objetos guiada pela informação sobre a estrutura anatômica do objeto (exemplo: componentes e subcomponentes do corpo humano) retratadas em imagens exemplos da classe. Para permitir a ocultação de informação, cada componente da anatomia encapsula dois elementos : um espaço de atributos e operações pedagógicas [Direne, 1997].

O espaço de atributos é definido por meio de uma ou mais dimensões, cada uma representando uma característica visual. Além disso, a faixa de valores (qualitativos e quantitativos) que a característica pode assumir, também é fornecida. Sendo assim, um espaço cartesiano multidimensional é automaticamente gerado para os componentes anatômicos. A Figura 2 mostra um espaço cartesiano bi-dimensional onde os valores de duas características são fornecidos. A do eixo X é o *heart-size* (com valores que podem ser *normal*, *slightly\_enlarged*, *moderately\_enlarged*, *enlarged*, *markedly\_enlarged* ou ainda *grossly\_enlarged*). A do eixo Y é o *left\_ventricle\_size* (com uma faixa de valores qualitativos ordenados idêntica à do eixo X).

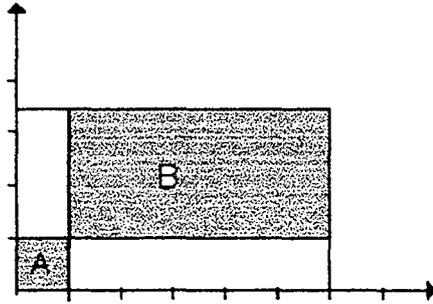


Figura 2 - Visão de um espaço de características do Sistema RUI

Todavia, alguns pontos do espaço cartesiano não apresentam exemplos no mundo real e, sendo assim, devem ser eliminados. Isto é feito por meio de restrições de características, as quais nada mais são do que fórmulas lógicas. Com tais fórmulas, apenas um sub-espaço cartesiano composto de exemplares representativos do mundo real é definido como válido. Na Figura 2 este sub-espaço está ilustrado pelas áreas "A" e "B" as quais foram definidas por meio da restrição cuja fórmula lógica é a seguinte :

$$\forall x \forall y \forall z (\text{left\_ventricle}(x) \wedge \text{size}(x,y) \wedge \neg(y=\text{"normal"}) \Rightarrow \exists w (\text{heart}(z) \wedge \text{size}(z,w) \wedge \neg(w=\text{"normal"})))$$

### 3.2.2. Estereótipos de aprendizes

O 2º estudo de caso forneceu sub-espaços de atributos para compor estereótipos onde cada atributo representa uma capacidade isolada da perícia.

Características humanas não são distribuídas completamente ao acaso por toda uma população. Ao contrário, elas freqüentemente ocorrem em grupos. Estes grupos podem surgir por uma variedade de razões, tais como a existência de um fator único que causa a ocorrência de várias características de uma vez, ou a existência de características para uma série de causas. Pessoas representam tal conhecimento sobre co-ocorrência de características numa coleção de estereótipos. [Rich, 1983]

Baseado na representação de modelos de usuários por estereótipos de Rich [1983], Cury [1996] identificou capacidades de perícias que ocorrem em determinados grupos de aprendizes de Radiologia Médica, e propôs a utilização de estereótipos para representar a modelagem desses aprendizes.

### 3.2.3. Distribuição de Estereótipos na Curva U

Para CURY [1996], os estereótipos dos aprendizes estão localizados sobre a *Curva U* do aprendizado, segundo a ilustração da Figura 3. Esta curva relaciona o aprendizado e o tempo por meio do desempenho na solução de problemas.

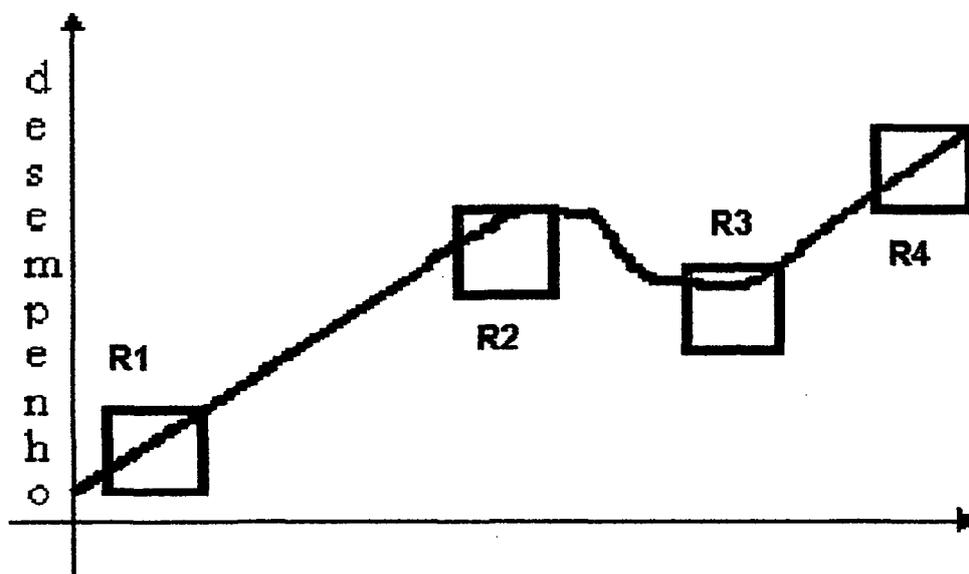


Figura 3 - A distribuição dos estereótipos na curva U (Fonte: Cury [1996])

A distribuição da aquisição das capacidades periciais por parte de um humano, no tempo, não é uniforme. Determinadas características são desenvolvidas no começo do aprendizado, outras, no final do aprendizado, e outras durante todo o período. A Figura 4 mostra um esquema provável da distribuição da aquisição de características, mapeado sobre a *Curva U*. Neste

esquema tem-se que a característica capacidade de "visão tridimensional" é adquirida durante o início do aprendizado (R1 e R2), a característica "vocabulário técnico" é adquirida constantemente durante quase todo o período de aprendizado e a característica "diagnóstico diferencial" só começa a ser adquirida próximo à metade do período [Pimentel, 1997].

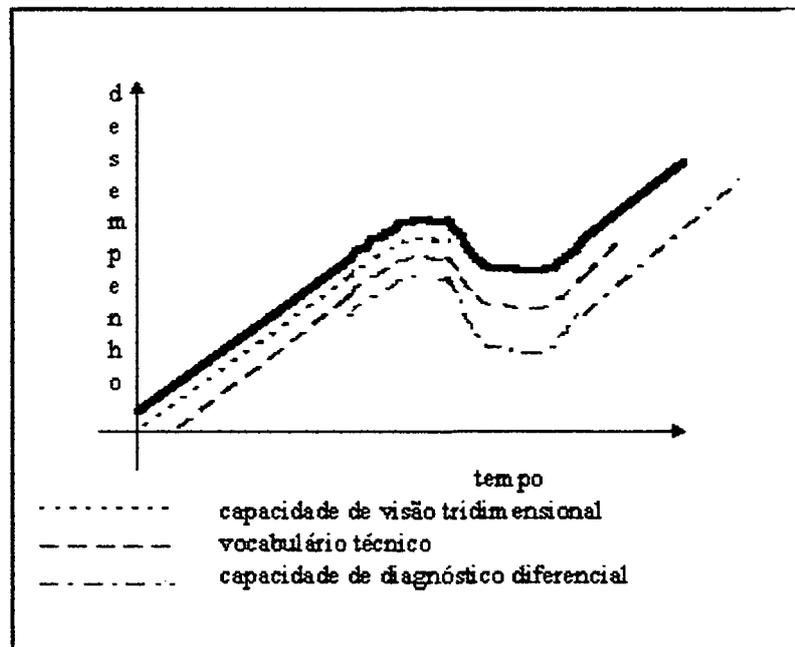


Figura 4 - Aquisição das características de um radiologista projetada sobre a curva U (Fonte : Pimentel [1997])

#### 3.2.4. Valores das capacidades isoladas de perícia

Para complementar este conceito de distribuição de estereótipos na Curva U, o 4º estudo de caso contribuiu para a valoração percentual de qualquer atributo de um estereótipo para expressar a evolução da capacidade de 0% a 100% ao longo da curva "U" [Quaquerini, 2001; Quaquerini et. al., 2000].

Tal desempenho pode ser expresso por meio de componentes percentuais de valores de diversas capacidades isoladas da perícia.

### **3.3. Aspectos de uma linguagem de autoria**

O objeto de estudo deste trabalho é a meta-modelagem de aprendizes no ensino de conceitos visuais, especificamente em Radiologia Médica, no nível de autoria, ou seja, possibilitar a um autor de curso descrever as capacidades isoladas de perícia (CIPs) de um aprendiz conforme o seu nível de aprendizado, organizadas por classes de aprendizes, denominadas estereótipos. O autor poderá determinar em cada estereótipo quais as CIPs presentes com seus intervalos de valores possíveis, bem como determinar qual o grau de importância de cada capacidade dentro do estereótipo. Tudo isso é possível através de uma linguagem de autoria apresentada por meio de uma ferramenta.

A linguagem de autoria permitirá ao autor a oportunidade de criar novas dimensões de perícia, assim como facilitará no enquadramento do aprendiz quanto ao seu nível de aprendizado. Esta possibilidade de estender a linguagem de perícias básicas proporcionará ao autor um grande poder de expressividade.

Por meio da linguagem de autoria será possível fazer-se a integração com o Sistema RUI. Ela inclui a possibilidade de representar estereótipos através de uma definição de classes, com seus dados e operações, conforme descrição a seguir.

#### **3.3.1. Um paradigma apropriado**

A Orientação a Objetos procura na computação representar o mundo, o mais próximo possível da realidade, utilizando as definições de Objeto e Classe, para representá-lo, onde, segundo Lemay [1998]: Objeto “é um

componente auto-suficiente distinto; com funções específicas” e Classe “é um modelo para múltiplos objetos com características semelhantes que personificam todas as características de um grupo particular de objetos”.

Estereótipos são usados aqui como a descritiva enumeração de um conjunto de traços (características) que freqüentemente ocorrem juntos. De acordo com Rich [1983], estereótipo *"é simplesmente um modo de capturar algumas das estruturas que existem no mundo ao nosso redor"* e *"se um estereótipo representa um conjunto de traços, isto pode ser representado como uma coleção de pares de valores de atributos, os quais chamaremos de aspectos"*.

Classificar usuários segundo algumas capacidades específicas e agrupá-los em estereótipos é uma abordagem tipicamente orientada a objetos, onde cada estereótipo representa uma classe, que será instanciada nos aprendizes. Concluiu-se então que tal representação em orientação a objetos seria a mais apropriada para esta modelagem.

Um importante princípio da orientação a objetos é o princípio da ocultação de informação ou encapsulamento, que é um mecanismo da abstração. A abstração consiste na concentração nos aspectos essenciais, próprios, de uma entidade e em ignorar suas propriedades acidentais. No desenvolvimento de sistemas, isso significa concentrar-se no que um objeto é e faz, antes de decidir como ele deve ser implementado. O encapsulamento consiste na separação dos aspectos externos de um objeto, acessíveis por outros objetos, dos detalhes internos da implementação daquele objeto, que ficam ocultos dos demais objetos [ Rumbaugh et. al., 1994].

Tal princípio foi utilizado neste trabalho na construção de um arcabouço, conforme apresentado na Figura 5 que mantém os atributos do objeto (dado) e suas regras (operações) encapsuladas.

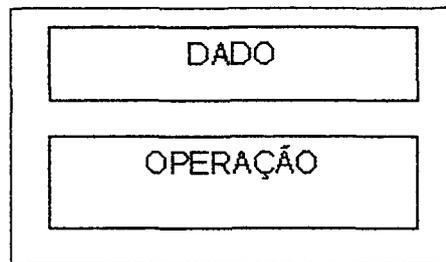


Figura 5 - Arcabouço principal do objeto

Se houver a necessidade de se realizarem alterações no espaço de atributos ou nas regras, após a existência do aprendiz individual utilizando o estereótipo alterado, as modificações devem ser estendidas a esse aprendiz. Tal evento demonstra um princípio importante de orientação a objetos, a herança.

### **3.3.2. Espaço de atributos**

No espaço de atributos do estereótipo são encontrados os dados referentes às capacidades isoladas da perícia e de suas relações lógicas, para cada estereótipo criado.

#### **3.3.2.1. Capacidades Isoladas da Perícia (CIPs)**

Uma descrição das características do estereótipo de um médico radiologista perito foi realizada por Cury [1996] em conjunto com a Escola Paulista de Medicina da UFSP. Ele descreveu algumas capacidades fundamentais para a aquisição da perícia em radiologia médica.

De forma genérica para a Radiologia Médica [Cury et al., 1998; Pimentel & Direne, 1998], as capacidades isoladas da perícia são :

- Visão com mapeamento 2D 3D;
- Visão de Relações Proporcionais;
- Raciocínio Diferenciador;
- Diagnóstico Diferencial;
- Vocabulário Técnico;
- Consistência do Raciocínio Qualitativo / Quantitativo.

Um estereótipo, como definido por Rich [1983], é um conjunto de tuplas, cada qual formada por uma característica e um valor correspondente. Sua estrutura se assemelha muito às utilizadas para armazenar conhecimento baseadas em *frames* [Minsky, 1975]. Para tornar mais fácil a categorização de um usuário, em vez de se usar apenas um valor para cada característica, é usada uma faixa de valores para definir o estereótipo. Assim a definição de um estereótipo apresenta-se como uma tabela onde cada característica tem um valor inicial e um valor final, como ilustrado na Tabela 1.

Estereótipo: Residente 3		
Capacidade	Valor Inicial	Valor Final
Visão Tridimensional	70	90
Diagnóstico Diferencial	40	60
Vocabulário Técnicos	50	75

Tabela 1 – Exemplo de definição de Estereótipo

Nesta definição chegou-se a tuplas para armazenamento das Capacidades Isoladas da Perícia (CIPs) que possuem como atributos básicos, as seguintes informações :

Nome_Capacidade
Valor_inicial
Valor_Final
Peso

Os valores armazenados são tratados em percentual (%). O atributo peso é estabelecido por critérios do autor, e tem como finalidade permitir ao tutor no momento do enquadramento do aprendiz em um determinado estereótipo, categorizar qual a relevância de cada capacidade, em relação às outras. Isto permitirá maior precisão ao enquadramento por meio de uma medida simples de tipicidade de classificação.

### 3.3.2.2. Relações Lógicas em CIPs

As relações lógicas fornecem informações sobre as restrições que são aplicadas a uma CIP em particular ou ao relacionamento que existem entre as diversas CIPs de um estereótipo.

A forma geral que é usada na presente linguagem de autoria, das Relações Lógicas é :

```
Nome_Relação_lógica = <CIP> <Operador relacional>
<valor> {<operador lógico> ...}
```

Exemplos :

a) Suponha a seguinte relação lógica para o Estereótipo Residente 3 :

*"Se a capacidade de visão com mapeamento 2D-3D for um percentual entre 15 e 25, então a capacidade de Vocabulário Técnico deve Ter um percentual entre 30 e 50"*, tem-se escrito a seguinte fórmula nesta linguagem de autoria :

```
Visao_2D3D__Vocab_Tec = Visao_2D3D >= 15 & Visao_2D3D <
25 → Vocab_Tec >=30 & Vocab_Tec < 50
```

b) A fórmula descrita a seguir expressa a seguinte relação lógica :

*"Para Estereótipo Residente 2 a capacidade Visão com mapeamento 2D-3D deve ser inferior a 85%."*

$$b) \text{ Rest\_Visao\_2D\_3D} = \text{Visao\_2D\_3D} < 85$$

A Figura 6 a seguir, mostra em gráfico como fica o espaço de restrições das capacidades de acordo com as relações lógicas estabelecidas para elas.

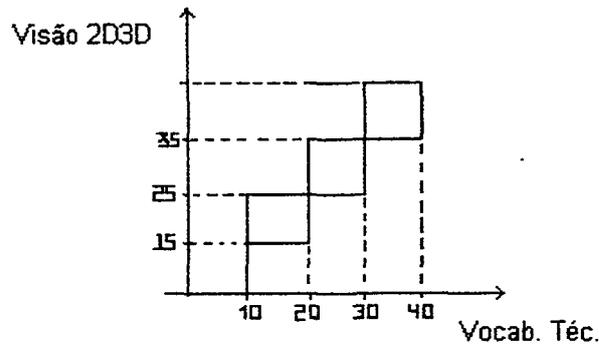


Figura 6 - Exemplo de Relação Lógica (restrição).

### 3.3.3. Regras de Transformação

Todos os dados dinâmicos sofrem transformações durante a interação do sistema com o usuário aprendiz. Neste trabalho são previstas na linguagem de autoria a existência de regras de transformação para ajuste de capacidades isoladas de perícias e para enquadramento do aprendiz em determinado estereótipo conforme conjunto de valores de suas CIPs ou ainda das relações lógicas entre elas.

Como trabalho futuro vê-se ainda a possibilidade de uma extensão da linguagem de autoria para permitir a descrição de regras para pontuação das CIPs.

### 3.3.3.1.Regras de Ajuste

As regras de ajuste têm por objetivo manter coerente a base de dados do aprendiz de forma que, quando ocorrer de algumas CIPs serem mais treinadas pelo sistema tutor em um aprendiz individual (e por isso mais atualizadas pelo sistema) isto não resulte em discrepância com as demais. Isto evita que o Módulo Pedagógico do sistema tutor precise gastar tempo com o treino de certas capacidades somente para lhes atualizar os valores, o que pode gerar aumento desnecessário no tempo global de treinamento. O aprendiz ao mesmo tempo em que desenvolve algumas capacidades, desenvolve outras e é exatamente na explicitação desta correspondência que as regras de ajuste irão facilitar a manutenção do modelo.

A forma geral das regras de ajuste é :

```
REGRA <Nome_regra> =  
    SE condição ENTÃO ações.  
FIM_REGRA.
```

```
REGRA <Nome_regra> =  
    SE {<operador de negação>} <relação lógica>  
        {<operador lógico> <relação lógica>}  
    ENTÃO <bloco de ações>  
FIM_REGRA.
```

O bloco de ações é escrito através de algumas primitivas da linguagem, onde : os elementos que estiverem entre os símbolos matemáticos de menor (<) e maior (>) são considerados elementos variáveis da linguagem; os comandos, que são as ações propriamente ditas, são funções que recebem parâmetros, os quais são separados por vírgula e estão dentro de parênteses logo após a primitiva de ação; todas as palavras reservadas são escritas em maiúsculas. Estas primitivas são apresentadas a seguir:

AÇÕES :

**INDICAR** (<MODULO>, <OBJETO>)  
**ENQUADRAR\_COMO** (<ESTEREOTIPO>)  
**AJUSTAR** (<CAPACIDADE\_PERICIA>, <VALOR>)

<MODULO>  
    PEDAGOGICO  
    APRENDIZ  
<OBJETO>  
    <CAPACIDADE\_PERICIA>  
    <RELACAO\_LOGICA>  
<VALOR>

Exemplo : Supondo-se a regra para o estereótipo 2 : *se a relação lógica Visão\_2D3D\_Vocab\_Tec não for verdade e a Capacidade de Perícia Vocabulário Técnico possuir valor inferior a 30 então o sistema deverá AJUSTAR o valor de Vocabulário Técnico para 30 e deixar uma sinalização (INDICAR) para o Módulo Pedagógico dar prioridade de ensino enfocando a capacidade de vocabulário técnico.*

```
REGRA Ajuste_Vocab_Tec =  
    SE ~Visão_2D3D__Vocab_Tec & Vocab_Tec < 30  
    ENTÃO  
        AJUSTAR (Vocab_Tec, 30) ;  
        INDICAR (Pedagógico, Vocab_Tec);  
FIM_REGRA.
```

### 3.3.3.2.Regras de Enquadramento

Sempre que o aprendiz inicia uma nova sessão do tutorial, o módulo do aprendiz precisa determinar em qual estereótipo o aprendiz se enquadra. Esse levantamento pode ser feito através da análise de tipicidade de instâncias do estereótipo, ou seja, através do cálculo para se chegar a um valor médio que indicará o quão típico um aprendiz é de um estereótipo. Na presente linguagem de autoria, isto é feito através do re-enquadramento por meio de

regras, aqui chamadas de Regras de Enquadramento. As regras de enquadramento servirão ao sistema tutor como uma alternativa para a escolha.

Como forma geral, tem-se a mesma sintaxe das regras de ajuste.

Exemplo : *supondo-se para o estereótipo R2 a seguinte regra de enquadramento : Se a relação Rest\_Visao\_2D\_3D não for verdade então o aprendiz deve ser enquadrado no estereótipo R3 e ainda deve indicar ao Pedagógico para avaliar as capacidades de Diagnóstico Diferencial e Consistência Lógica.*

```
REGRA Promove_por_Visao_2D_3D:
  SE ~Rest_Visao_2D_3D
  ENTÃO
    ENQUADRAR_COMO R3;
    INDICAR (Pedagogico, Diagnostico_Diferencial);
    INDICAR (Pedagogico, Consistencia_Logica);
FIM-REGRA
```

Caso não se definam regras de enquadramento o sistema tutor deverá utilizar o cálculo de tipicidade, apresentado a seguir, para determinar em qual estereótipo o aprendiz se enquadra.

$$\sum_i^n \frac{P \times CP_i}{n}$$

Equação 1 - Média ponderada

## 4.A FERRAMENTA FEMEA

Para que a linguagem de autoria descrita no capítulo anterior fosse acessível a qualquer autor de curso, não exigindo conhecimento de linguagem de programação, visto ser a linguagem de autoria proposta semelhante às linguagens de programação existentes, desenvolveu-se uma ferramenta para facilitar o processo de autoria.

Neste capítulo apresenta-se a Ferramenta para a Modelagem de Estereótipos dos Aprendizes de um STI, chamada FEMEA. Esta ferramenta foi desenvolvida para permitir ao autor de cursos, utilizando o Sistema RUI, descrever o conjunto de estereótipos que irão definir as capacidades dos aprendizes nos diversos estágios de seu treinamento.

Atualmente, o sistema RUI é capaz de identificar alguns aspectos da perícia de um usuário mas não consegue estabelecer, a partir de um modelo dinâmico do aprendiz, em qual estereótipo o mesmo se enquadra. Além disso, ele não permite ao autor definir quais são as capacidades da perícia que ele entende serem características de um grupo de aprendizes aqui denominados estereótipos. Da mesma forma, até a execução do presente trabalho, não era possível para a ferramenta de ensino do sistema RUI determinar qual a porcentagem de cada uma dessas capacidades em determinados estereótipos. Com a ferramenta FEMEA o autor será capaz de determinar quais as capacidades existentes em um domínio de especialidade e quais os valores das capacidades por estereótipos de aprendizes.

A escolha dos estereótipos e quais capacidades da perícia os irão compor, bem como os seus valores, é determinada exclusivamente pelo autor,

que tem nesta ferramenta uma aliada para a definição de tarefas complexas que devem ser automatizadas com precisão.

Na Seção 4.1 faz-se uma breve descrição da arquitetura da ferramenta. Na Seção 4.2 apresenta-se a descrição de funcionamento dos módulos da ferramenta.

#### 4.1. Arquitetura da ferramenta

Para possibilitar ao autor descrever um estereótipo, a ferramenta (FEMEA) foi construída em módulos que, através de uma integração transparente, permitem ao autor manipular os dados e as operações com facilidade. A Figura 7 apresenta um diagrama com as funções dos módulos citados.

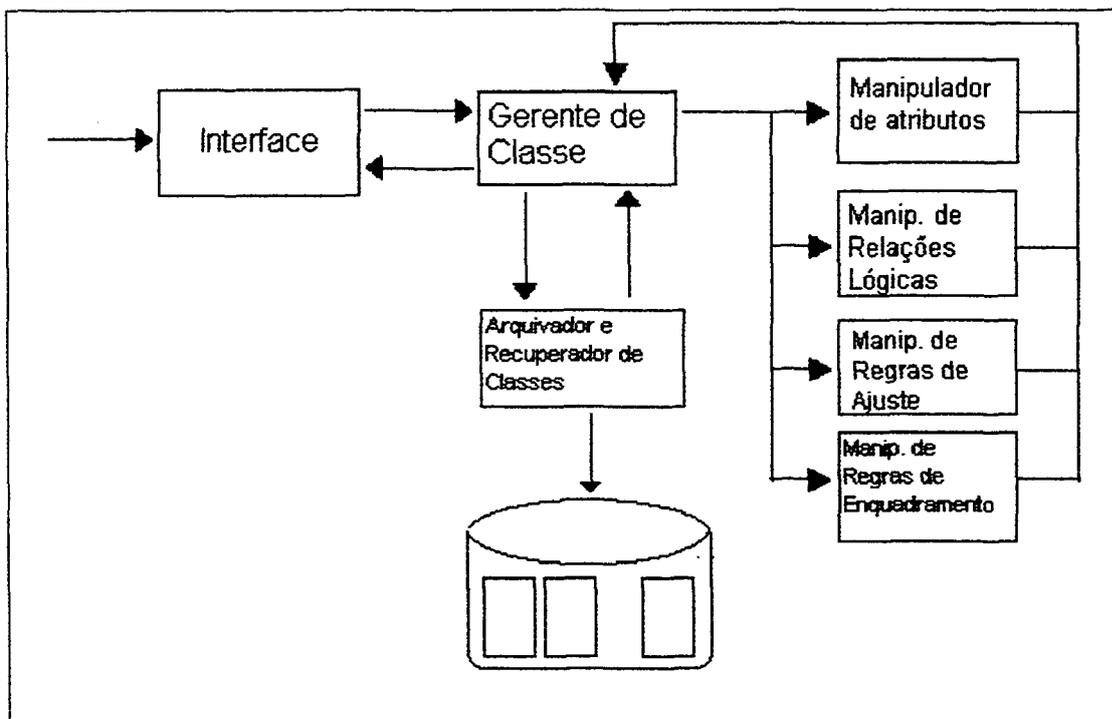


Figura 7 - Arquitetura funcional da ferramenta

## **4.2. Descrição dos módulos**

Cada um dos módulos da ferramenta foi desenvolvido com o foco voltado para a orientação a objetos, ou seja, os dados de um estereótipo e as possíveis operações realizadas sobre os mesmos são apresentados distintamente. A partir de uma interface que procura ser simples, FEMEA visa apresentar ao autor o máximo de informação para que a criação e a manutenção do estereótipo sejam próximas da realidade do domínio específico. Seus módulos são integrados e transparentes ao usuário (autor). O objetivo é tornar intuitiva a autoria e, conseqüentemente, minimizar o esforço cognitivo exigido para ela.

O primeiro passo de autoria consiste na definição de estereótipos e das capacidades de cada um. Em seguida, o autor define os intervalos de valores e os pesos de cada capacidade. Descreve então as relações existentes entre as capacidades e, em seguida, descreve as regras de ajuste e enquadramento em cada um dos estereótipos.

### **4.2.1. Interface**

A interface da ferramenta para criação e edição dos estereótipos permite ao autor selecionar de uma lista de capacidades já criadas, aquelas que fazem parte do estereótipo editado. Da mesma forma, permite que se estabeleçam valores para cada uma das capacidades, peso de importância de uma capacidade sobre as outras, relações lógicas entre as capacidades, regras de ajuste e de enquadramento.

Como o trabalho utiliza conceitos de Orientação a Objetos, a interface para demonstrar isso separou em quadros o espaço de atributos (dados) e as

operações sobre o espaço. A interface, cuja tela inicial é apresentada na Figura 8, possui ainda mais dois quadros, o primeiro para seleção do estereótipo a ser trabalhado e os botões de operações de manipulação sobre ele. As funções específicas dos botões apresentados na primeira tela são :

OK : Selecionado o estereótipo desejado entra-se na tela com os dados e operações referentes a ele.

SAIR : Encerra-se o trabalho na ferramenta.

NOVO : Permite a criação de um novo estereótipo.

EXCLUI : Permite a exclusão do estereótipo selecionado.

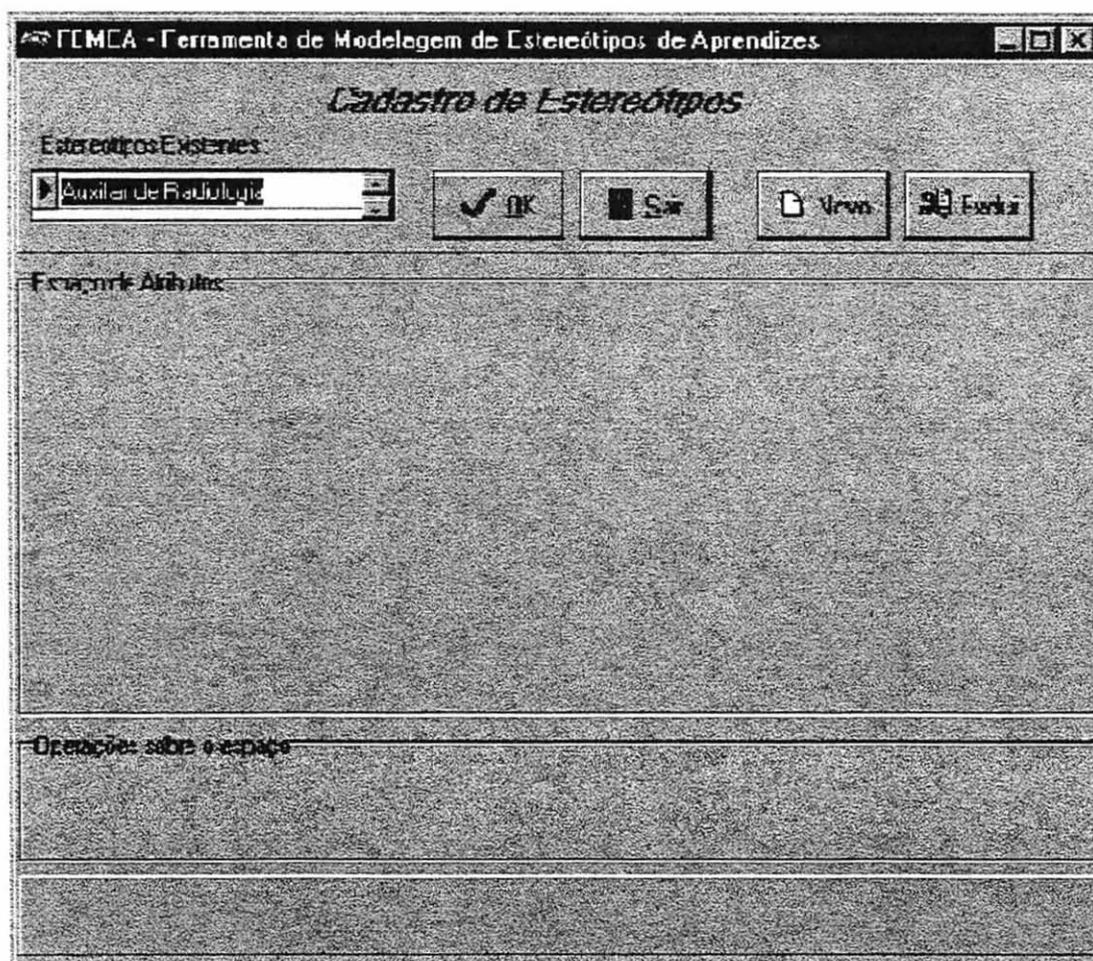


Figura 8 - Tela inicial da ferramenta

No último quadro encontram-se os botões de Confirmação e Cancelamento da operação realizada na tela em questão, ou ainda o botão de retornar a tela anterior, conforme a Figura 9, mostrada a seguir.

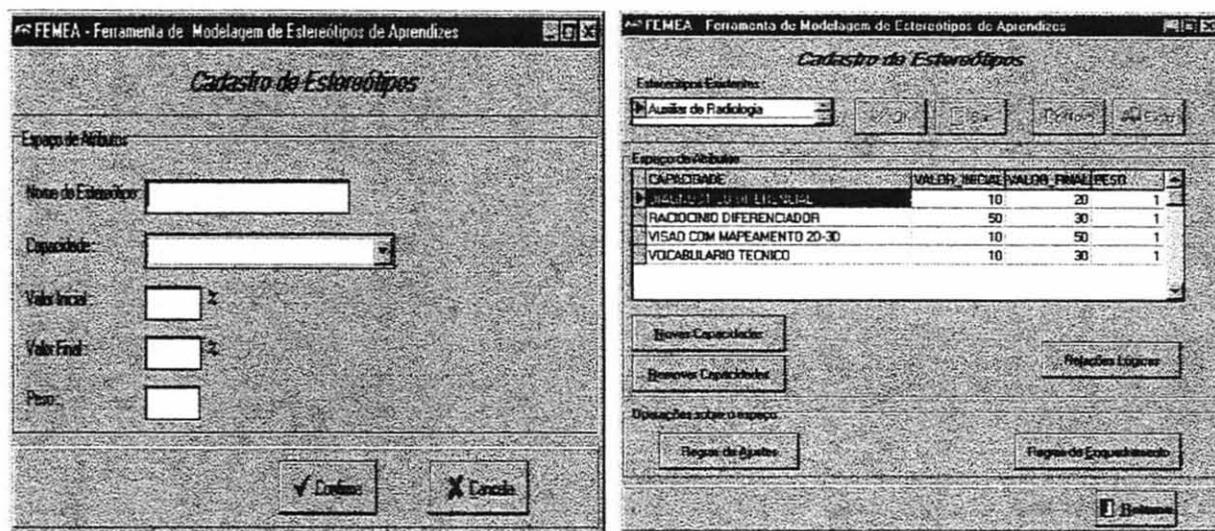


Figura 9 - Telas com apresentação do último quadro da interface

#### 4.2.2. Gerente de Classe

No espaço de atributos do estereótipo são encontrados os dados referentes às capacidades isoladas da perícia e de suas relações lógicas, para cada estereótipo criado.

Nem todos os aprendizes iniciarão um curso eletrônico no mesmo nível de competência, ou melhor, nem todos irão fazer parte de um mesmo estereótipo. Portanto, o autor tem necessidade de gerar estereótipos distintos para cada grupo de aprendizes com os quais irá trabalhar em seu curso. O gerente de classe irá permitir a criação de novos estereótipos, a manipulação dos dados nos estereótipos já existentes e ainda a exclusão de estereótipos que, porventura, tenham sido criados e não mais usados ou criados erroneamente. Quando da manipulação de dados de um estereótipo é possível

ainda criar novas capacidades para este, remover capacidades ou alterar valores limites ou pesos de cada uma.

### 4.2.3. Manipulador de atributos

Os atributos, como já foram descritos no capítulo anterior, podem ser selecionados a partir de informações já cadastradas, frutos de pesquisas anteriores, os quais irão nesta ferramenta receber os valores que correspondem a um determinado estereótipo. Sempre que o autor desejar colocar uma nova capacidade no estereótipo preencherá uma tela como a da Figura 10, com os campos que formam o conjunto de atributos do estereótipo.

The screenshot shows a software window titled "FEMEA - Ferramenta de Modelagem de Estereótipos de Aprendizes". The main title is "Cadastro de Estereótipos". Under "Estereótipos Existentes:", there is a dropdown menu showing "Auxiliar de Radiologia" and buttons for "OK", "Sair", "Novo", and "Excluir". The "Espaço de Atributos" section contains four input fields: "Capacidade:" (a dropdown menu), "Valor Inicial:" (a text box followed by a percent sign), "Valor Final:" (a text box followed by a percent sign), and "Peso:" (a text box). Below this is a section for "Operações sobre o espaço" which is currently empty. At the bottom, there are "Confirma" and "Cancela" buttons.

Figura 10 - Tela para entrada de dados de atributos do estereótipo

#### 4.2.4. Manipulador de Relações Lógicas

As relações lógicas entre as capacidades da perícia, em um determinado estereótipo, possuem uma sintaxe como aquela apresentada no capítulo anterior, que precisa ser garantida em sua correção. Para isso a ferramenta utiliza gabaritos ou máscaras de edição (templates) de tais características. Ao autor, basta preencher o formulário, apresentado na Figura 11, de forma correta que a ferramenta arquivará uma representação interna das referidas expressões em uma sintaxe correspondente.

The image shows a software dialog box titled "FEMEA - Relações Lógicas entre Capacidade de Perícias". The dialog has a standard Windows-style title bar with minimize, maximize, and close buttons. The main area contains several labeled input fields:

- Estereótipo:** A text box containing the value "Auxiliar de Radiologia".
- Nome da Relação Lógica:** An empty text box.
- Capacidade de Perícia:** A dropdown menu with a small arrow on the right. A list is currently displayed, showing the following options:
  - 1
  - VISO COM MAPEAMENTO 2D-3D
  - RACIOCINIO DIFERENCIADOR
  - DIAGNOSTICO DIFERENCIAL
  - VOCABULARIO TECNICO
- Operador Relacional:** An empty text box.
- Valor:** An empty text box.
- Operador Lógico:** A dropdown menu with a small arrow on the right.

At the bottom of the dialog, there are three buttons: "Nova linha" (with a small icon), "OK" (with a checkmark icon), and "Cancela" (with an 'X' icon).

Figura 11 - Cadastro de Relações Lógicas de um estereótipo

#### 4.2.5. Manipulador de Regras de Ajuste

Assim como as relações lógicas as regras de ajuste precisam manter a garantia da sintaxe. A ferramenta lhes garante isso da mesma maneira. Para cada linha da tela de cadastro, são permitidas alterações das informações que poderão ser colocadas na regra. Seguem conforme informações anteriormente estabelecidas na ferramenta. Como implementação futura neste módulo pretende-se gerar um módulo para criação de novas primitivas da linguagem com suas sintaxes, mas por ora apenas as primitivas já descritas são passíveis de utilização.

#### 4.2.6. Manipulador de Regras de Enquadramento

Assim como as relações lógicas e as regras de ajuste, as regras de enquadramento precisam manter a garantia da sintaxe. A ferramenta lhes garante isso da mesma forma que nas duas anteriores, conforme

Figura 12 apresentada a seguir .

The image shows a software dialog box titled "FEMEA - Cadastro de Regras de Ajuste". At the top, there is a text field labeled "Estereótipo" containing the text "Auxiliar de Radiologia". To the right of this field are two buttons: "Alterar" and "Excluir". Below this section, there is a "Regra n." field. Underneath, there are three rows of controls: "Negação (opcional)" with a dropdown arrow, "Relação Lógica" with a dropdown arrow, and "Operador Lógico" with a dropdown arrow. The "Ação" field consists of three dropdown arrows followed by a checkmark icon. Below these fields is a list box titled "BLOCO ACAD" which is currently empty. At the bottom of the dialog are "OK" and "Cancelar" buttons.

Figura 12 - Cadastro de Regras de Transformação

#### 4.2.7. Arquivador e Recuperador de classes.

Os objetos (esterótipos) gerados pela ferramenta ficam armazenados em arquivos do manipulador de tabelas Paradox, que é default da linguagem de programação Delphi 1.0 (linguagem usada para implementação da ferramenta). As informações são armazenadas em tabelas que, para serem enviadas ao sistema RUI, serão convertidas em arquivos do tipo texto. A Tabela 2 apresenta as configurações de estereótipos e atributos com seus tipos de valores arquivados a partir de entradas do autor.

Tabela 2 - Cadastro de Estereótipos

Campo Nome	Tipo	Tamanho	Chave
ESTEREOTIPO	ALFANUMÉRICO	30	SIM
CAPACIDADE	ALFANUMÉRICO	50	SIM
VALOR_INICIAL	NUMÉRICO		
VALOR_FINAL	NUMÉRICO		
PESO	NUMÉRICO		

A Tabela 3 apresenta as configurações de relações lógicas arquivadas a partir de entradas do autor.

Tabela 3 - Cadastro de Relações Lógicas

Campo Nome	Tipo	Tamanho	Chave
ESTEREÓTIPO	ALFANUMÉRICO	30	SIM
NOME_RELACAO	ALFANUMÉRICO	20	SIM
NUM_LINHA	NUMÉRICO		SIM
CAPACIDADE	ALFANUMÉRICO	50	
OPERADOR-RELACIONAL	ALFANUMÉRICO	2	
VALOR	NUMÉRICO		
OPERADOR_LÓGICO	ALFANUMÉRICO	3	

Tabela 4 - Tabelas de Regras de Ajuste e de Regras de Enquadramento

Tabela Mestre – contendo as condições da regra.

Campo Nome	Tipo	Tamanho	Chave
ESTEREÓTIPO	ALFANUMÉRICO	30	SIM
NOME_REGRA	ALFANUMÉRICO	20	SIM
NUM_LINHA	NUMÉRICO		SIM
OPERADOR_NEGAÇÃO	ALFANUMÉRICO	1	
NOME_RELACAO	ALFANUMÉRICO	20	
OPERADOR_LÓGICO	ALFANUMÉRICO	3	

Tabela Detalhe – contendo as ações da regra.

Campo Nome	Tipo	Tamanho	Chave
ESTEREÓTIPO	ALFANUMÉRICO	30	SIM
NOME_REGRA	ALFANUMÉRICO	20	SIM
ACAO	ALFANUMÉRICO	240	

## **5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS**

### ***5.1. A contribuição central***

Neste trabalho encontram-se alguns formalismos necessários para que seja possível equipar um STI (Sistema Tutor Inteligente) de conceitos visuais com o poder de modelagem de aprendiz, permitindo assim uma melhor personalização do ensino. Os conceitos principais da modelagem são baseados na idéia de estereótipos e atributos, sendo estes considerados como capacidades isoladas da perícia a ser desenvolvida pelo STI. A maioria dos trabalhos desenvolvidos na área de modelagem de aprendizes concentrou-se no registro baseado no que o aprendiz sabe, ou ainda deverá saber. Este trabalho enfocou a meta-modelagem das referidas capacidades periciais do aprendiz, agrupando-as em estereótipos, a fim de facilitar a modelagem específica do STI para cada aprendiz futuro. As tarefas de meta-modelagem aqui descritas foram possíveis por meio da integração de conceitos cognitivos e uma ferramenta de autoria.

Além dos formalismos e ferramenta apresentados, o trabalho ofereceu uma linguagem de autoria, com o objetivo de propiciar ao autor dos cursos uma maior autonomia e simplicidade na geração dos meta-modelos por meio de estereótipos de aprendizes. A linguagem está disponível ao autor através da citada ferramenta de autoria, implementada para garantir vários aspectos de corretude e compatibilidade de forma das descrições criadas.

É importante salientar porém, que nem a linguagem, nem a ferramenta, foram validadas por especialistas em representação do conhecimento em ensino de conceitos visuais, por não terem sido encontrados.

## **5.2. Trabalhos Futuros**

A partir de agora, com informação mais precisa sobre o perfil de competência de cada aprendiz como indivíduo, será possível definir alguns conceitos e uma linguagem de autoria para a meta-modelagem pedagógica do ambiente RUI.

Isto será atingido por meio da definição de conceitos pedagógicos de curto e longo prazos que permitam a disseminação de instruções mais adaptadas a cada indivíduo em treinamento. Quanto à abordagem de curto prazo, diz-se que a ação pedagógica tem caráter reativo, ou seja, induz o aprendiz a uma resposta mais imediata na hora de encontrar a solução para o problema. Por exemplo, isto ocorrerá tipicamente quando o STI efetuar a escolha de uma imagem adequada para a comparação com a imagem corrente, a qual levou ao erro do aprendiz. Com relação às diretrizes de longo prazo, diz-se que a ação pedagógica tem caráter mais ativo ainda, ou seja, irá proporcionar ao aprendiz condições de construir o conhecimento, de forma indutiva, depois de diagnosticar muitas imagens. Como exemplo desta postura ativa de longo prazo de um STI, pode-se considerar a tarefa de planejar (ordenar) o material didático para períodos de acompanhamento que podem chegar a anos.

Linguagem de autoria para meta-modelagem pedagógica deverá corresponder a um grau fino de informação individual de cada aprendiz. Esta linguagem de autoria incluirá primitivas que permitirão a definição de comportamento didático-pedagógico para curto e longo prazos. Um exemplo de primitiva de planejamento pedagógico de curto prazo é destinada a comparar a imagem do caso em foco com uma situação "normal", ou mesmo com uma

situação semelhante, porém, em estágio mais avançado da doença. Já, um exemplo de primitiva de longo prazo é aquela que será utilizada para a ordenação de longas seqüências de imagens (casos) a serem apresentadas para o aprendiz. Os parâmetros de tal ordenação serão definidos na primitiva por meio de fatores cognitivos a serem combinados em seus valores, incluindo pesos ou ênfases diferenciadas. Os fatores cognitivos referidos dão uma idéia da complexidade do diagnóstico da imagem separada pela demanda relativa a cada Componente Isolado da Perícia radiológica. Sendo assim, casos mais fáceis serão aqueles cuja carga cognitiva de análise da imagem combina baixas demandas de conhecimento sobre Visão de Relações Proporcionais, Visão com mapeamento 2D-3D e outras.

## 6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, R.; Lajoie, S. & Desaulniers, M. Readtutor: (1997). Radtutor: The theoretical and empirical basis for the design of a mammography interpretation tutor. In du Boulay, B. and Mizoguchi, R., editors. **Artificial Intelligence in Education**, p. 386-393. IOS Press.
- Blessing, S. B. (1997). A programming by demonstration authoring tool for model-tracing tutors. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, 8, p. 233-261.
- Bonar, J. ;Cunningham, R. & Schultz, J. (1986). An Object-Oriented Architecture for Intelligent Tutoring. In **Proceedings of the ACM Conference on Object-Oriented Programming Systems, Language and Applications**. p. 269-276.
- Brown, J. S.; Burton, R. R.; Bell, A. G. (1975). SOPHIE: A Step Towards a Reactive Learning Environment. In **International Journal of Man-Machine Studies**. V.7, P. 675-696.
- Brown, J. S. ; Burton, R. R. & Kleer, J. de (1982). Pedagogical, natural language, and knowledge engineering techniques in SOPHIE I, II and III. In Sleeman and Brown editors. **Intelligent Tutoring Systems**. Academic Press.
- Bull, S. & Pain, H. (1995). Did I say what I think I said, and do you agree with me? : Inspecting and questioning the student model. In **Proceedings of World Conference on Artificial Intelligence in Education**, p. 501-508.
- Clancey, W.J. (1987). **Knowledge-based Tutoring: the GUIDON Program**. MIT Press.

- Cury, D.. (1996). **FLAMA - Ferramentas de Autoria e Linguagem para a Modelagem da Aprendizagem**. Tese de doutorado, Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).
- Cury, D.; Direne, A. I. & Omar, N. (1998). Modelos baseados em estereótipos e oráculos para aprendizagem de conceitos visuais. **Revista Brasileira de Informática na Educação (SBIE 98)**, 2, p.43-53.
- Direne, A. I. (1993). Methodology and tools for desiging concept tutoring systems. **Proceedings of the World Conference on Artificial Intelligence in Education**, p. 58-65.
- Direne, A.I. (1997). Designing Intelligent Systems for teaching Visual Concepts. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, 8, p. 44-70.
- Lemay, L. (1998). Perkins, C. **Aprenda Java em 21 dias**. ...
- Lesgold, A.M. (1984). Acquiring expertise. In J.R. Anderson & S.M. Kosslyn (Eds.), **Tutorial in Learning and Memory: Essays in Honor of Gordon Bower**. W.H. Freeman.
- Lesgold, A. M.; Rubinson, H.; Glasser, P.F.R.; Klopfer, D.; & Wang, Y. (1989). Expertise in a complex skill: Diagnosing x-ray pictures. In Chi, M., Glasser, R., and Farr, M. editors. **The Nature of Expertise**. Lawrence Erlbaum.
- Major, N. & Reichgelt, H. (1991). Using COCA to built and intelligent tutoring system in simple algebra. **Intelligence Tutoring media**, 2 (3/4), p.159-169.
- Major, N. (1997). Redeem: exploiting symbiosis between psychology and authoring environments. **International Journal of Artificial intelligence in Education**, 8, p.317-340.
- Minsky, M. L. (1975). A Framework for Representing Knowledge. **The Psychology of Computer Vision**, McGraw-Hill,1975.

- Murray, T. & Woolf, B. (1992). Results of Encoding Knowledge with Tutor Construction Tools. **Proceeding of AAAI-92**. San Jose, CA., July, 1992.
- Murray, T (1996). Special Purpose Ontologies and the Representation of Pedagogical Knowledge. In **Proceedings of the International Conference on the Learning Sciences**. (ICLS-96), Evanston, IL, 1996. Charlottesville, VA:AACE.
- Murray, T. (1998). Authoring knowledge-based tutors: Tools for content, instructional strategy, student model, and interface design. **J. of Learning Sciences**, Vol. 7. N. 1.
- Murray, T. (1999). Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art. **International journal of Artificial Intelligence in Education**, 10, p.98-129.
- Nicolson, R.I. & Scott, P.J. (1986). Computers and education : the software production problem. **British Journal of Education Technology**, 17, p.26-35.
- Nwana, H. S. (1990). Intelligent Tutoring Systems : an overview. **Artificial Intelligence Review**, 4, 251-277.
- O'Shea, T. et al. (1984) Tools for creating intelligent computer tutors. In ELITHORN, A.; BARNEJI, R. (Eds.). **Human and Artificial Intelligence.**, London: North-Holland.
- Pimentel, A. (1997). **Medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com sistemas tutoriais inteligentes**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba-PR.

- Pimentel, A. & Direne, A.I. (1998). Medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com sistemas tutoriais inteligentes. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, 2, p.17-23.
- Quaquerini, S. ; Direne, A. I. & Carvalho, A. (2000). Conceitos e Ferramentas para a Modelagem de aprendizes no Ensino de Conceitos Visuais. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE2000**, Maceió-AL.
- Quaquerini, S. (2001). **Conceitos e Ferramentas para a Modelagem de aprendizes no Ensino de Conceitos Visuais**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná-UFPR, Curitiba-PR.
- Richards, T. ; Webb, G. & Craske, Noel. (1988) Object-Oriented control for intelligent computer assisted learning systems. In **Artificial Intelligence Tools in Education**. North-Holland, IFIP, p. 203-219.
- Rich, E. (1983). Users are individuals: Individualizing user models. **International Journal of Man-Machine Studies**, 18, p.199-214.
- Rumbaugh, J. ; Blaha, M. ; Premerlani, W. ; Eddy, F. & Lorensen, W. (1994). **Modelagem e projetos baseados em objetos**. Rio de Janeiro, Campus, 1994.
- Self, J. (1988). Bypassing the intractable problem of student modelling. In **Proceedings of Conference on Intelligent Tutoring Systems**.
- Selfridge, O. G. (1959). **Pandemonium: A paradigm for learning in the mechanization of thought processes**. London, H.M. Stationery Office.
- Sharples, M. & Du Boulay, B. (1989). Knowledge representation, teaching strategy, and simplifying assumptions for a concept Tutoring System. **Proceedings of ECAI' 1989 Conference**, Munich. p. 268-270.

- Sharples, M. (1991). Computer-based tutoring of visual concepts: from novice to expert. **Journal of Computer Assisted Learning**, 7, p.123-132.
- Sharples, M.; Du Boulay, B. & Teather, D & Teather, B.A. & Jeffrey, N. & Du Boulay, G.H. (1995). The MR Tutor: Computer-based training and professional practice. **Proceedings of World Conference on Artificial Intelligence and Education (AI-ED 95)**, Washington DC, p. 429-436.
- Sharples, M.; Jeffery, N.; Teather, D.; Teather, B. & Du Boulay, G. (1997). A socio-cognitive engineering approach to the development of a knowledge-based training system for Neuroradiology. **Artificial Intelligence in Education**, p. 402-409. IO Press.
- Sleeman, D. H. (1985). A User-modelling Front-end Subsystem. **In International Journal of Man-Machine Studies**. V. 23, N. 1, P. 71-88.
- Sleeman, D. (1987). Pixie : a shell for developing intelligent tutoring systems. **In: Artificial Intelligence and Education**. Volume One. Edited by: Robert W. Lawler, Masoud Yazdani. Ablex Publishing, Norwood, New Jersey. p. 239-263.
- Shortliffe, E. (1976). **Computer Based Medical Consultations: MYCIN**. Elsevier..
- Swett, H.A. (1992). Computers: power tool for imaging diagnosis. **Diagnostic Imaging International**, July/August, p 29-37.
- Tang, H. ; Major, N. & Rivers, R. (1989). **From Users to Dialogues: Enabling Authors to Build an Adaptive Intelligent System**. Logica Cambridge, 1989.

Trenouth, J. & Ford, L. (1990). The User Interface: Computational Models of Computer Users. In : Ellis Horwood, **Understanding Knowledge Engineering**. M. Mc Tear.

Woolf, B. (1991). Representing, acquiring and reasoning about tutoring knowledge. In Burns, H.; Parlett, J. W.; & Redfield, C. L.; editors, **Intelligent Tutoring Systems: Evolutions in Design**. Lawrence Erlbaum.